KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

Sistem Kontrol Terprogram

Semester 4

Kelas XI

PENULIS

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Di dalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. Buku Siswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus dilakukan peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014
Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I
PENDAHULUAN

A. Deskripsi Bahan Ajar

Dalam bahan ajar ini akan dipelajari tentang Sistem Kontrol Terprogram, adapun materi yang akan dibahas adalah arsitektur, memori dan pemetaanya. Disamping itu pula akan dibahas tentang antarmuka (interface) untuk input (modul input) dan antarmuka output (modul output) yang digunakan untuk mengolah sinyal diskrit serta pemrograman PLC (Programmable Logic Controller) dengan menggunakan instruksi-instruksi dasar yang terdapat di PLC.

B. Prasyarat

Sudah mengikuti pembelajaran kelas X (semester 1 dan 2)

C. Petunjuk Penggunaan Bahan Ajar

Bahan ajar ini menggunakan sistem pelatihan berdasarkan pendekatan kompetensi, yakni salah satu cara untuk menyampaikan atau mengajarkan pengetahuan keterampilan dan sikap kerja yang dibutuhkan dalam suatu pekerjaan. Penekan utamanya adalah tentang apa yang dapat dilakukan seseorang setelah mengikuti pembelajaran.

Salah satu karakteristik yang paling penting dari pembelajaran berdasarkan kompetensi adalah penguasaan individu secara aktual di tempat kerja.

Dalam sistem pembelajaran ini, standar kompetensi diharapkan dapat menjadi panduan bagi siswa untuk dapat:

- Mengidentifikasi apa yang harus dikerjakan siswa dalam pembelajaran.
- Mengidentifikasi apa yang telah dikerjakan siswa dalam pembelajaran.
- Memeriksa kemajuan siswa dalam pembelajaran.

- Meyakinkan bahwa semua elemen (sub kompetensi) dan kriteria unjuk kerja telah dimasukan dalam pembelajaran dan penilaian.

D. Tujuan Akhir

Setelah mengikuti seluruh kegiatan pembelajaran yang terdapat pada bahan ajar ini siswa mampu menguasai konsep dasar komponen PLC dan mempunyai kemampuan praktis tentang penggunaan PLC dalam aplikasi sistem kontrol sederhana.

E. Kompetensi Inti Dan Kompetensi Dasar Mata Pelajaran Dasar Dan Pengukuran KELAS XI

KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN/MADRASAH ALIYAH KEJURUAN

BIDANG KEAHLIAN : TEKNOLOGI DAN REKAYASA
PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK KETENAGALISTRIKAN
MATA PELAJARAN : SISTEM KONTROL TERPROGRAM

KELAS XI

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1. Menyadari sempurnanya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam melaksanakan pekerjaan di bidang kontrolterprogram 1.2. Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam melaksanakan pekerjaan di bidang kontrolterprogram
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi	2.1. Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalammelaksanakan pekerjaan di bidang kontrolterprogram. 2.2. Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikirdalam melakukan tugas di bidang kontrolterprogram. 2.3. Menunjukkan sikap responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam melakukan pekerjaan di bidangkontrolterprogram

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	
3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural , danmetakognitifber dasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1. Mendeskripsikan system logika digital 3.2. Mendeskripsikanprinsipoperasional system kendali digital 3.3. Mendeskripsikanperangkatkerasmikrokontroller 3.4. Mendeskripsikanprinsipoperasimikrokontroller 3.5. Menentukanpemrogramanmikrokontroller 3.6. Menentukan program pengendalian system otomasiindustry denganmikrokontroller. ______________________________________ 3.7. Menentukan kondisi operasisistem dan komponen perangkat keras PLCberdasarkan operation manual 3.8. Menentukann HubunganDigital I/O PLC dengankomponeneksternal 3.9. Menentukann konfigurasidan setup PLC 3.10. MenentukanPeta Memory PLC danpengalamatan I/O 3.11. Menentukanbahasa pemrograman PLCberdasarkan programming manual
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah	4.1. MembuatSirkitkendali digital 4.2. Memeriksakondisioperasionalsirkitkendali digital 4.3. Menggambarkanblok diagram system minimum mikrokontroller 4.4. Membuatsirkitsederhanasistemmikrokontroller 4.5. Memprogrammikrokontrolleruntuk proses pengendalian 4.6. Mengoperasikanrangkaianpengendaliandenganmenggunakanmikrokontroller ______________________________________ 4.7. Memeriksa kondisi operasisistem dan komponen perangkat keras PLC 4.8. MemeriksahubunganDigital I/O PLC dengankomponeneksternal

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
pengawasan langsung	4.9. Men-Setup PLC 4.10. MenggunakanPeta Memory danPengalamatan I/O padapemrograman PLC. 4.11. Membuatbahasa pemrograman PLC

SILABUS MATA PELAJARAN

Satuan Pendidikan : SMK
Program Keahlian : Teknik Ketenagalistrikan
Paket Keahlian : Teknik Otomasi Industri
Mata Pelajaran : Sistem Kontrol Terprogram
Kelas /Semester : XI/3 dan 4

Kompetensi Inti:

KI 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya

KI 2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

KI 3 : Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, procedural dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.

KI4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
1.1. Menyadari sempurnanya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam melaksanakan					

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
pekerjaan di bidang kontrol terprogram					
1.2. Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam melaksanakan pekerjaan di bidang kontrol terprogram					
2.1. Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam melaksanakan pekerjaan di bidang kontrol terprogram. 2.2. Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikirdalam melakukan tugas di bidang kontrol terprogram 2.3. Menunjukkan sikap responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam melakukan pekerjaan					

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
di bidang kontrol terprogram					
3.12. Mendeskripsikan system logika digital 4.12. Membuat Sirkit kendali digital	• Penandaan Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar logika: Perkalian, penjumlahan logika, penjumlahan ekslusif, teori logika • Sistem, operasi, konversi dan kode/sandi bilangan: bilangan decimal, biner, octal, heksadesimal, dan kode/sandi bilangan. • Gerbang logika dasar dan aljabar boole, .	**Mengamati :** • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan & Sandi **Menanya :** Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang : • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan & Sandi **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan & Sandi	**Kinerja :** • Pengamatan Sikap Kerja • Pengamatan kegiatan proses belajar dalam mendeskripsikan system logika dan rangkaian digital serta proses pembuatan sirkit kendali digital. **Tes:** Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan prinsip, operasi rangkaian digital dan penerapan kendali digital pada system otomasi khususnya ketenagalistrikan. **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi.	2 x 6JP	• Lukas Willa. (2010).Teknik Digital, mikroprosesor dan mikrokomputer, Bandung: Informatika • Deddy Rusmadi. (1989). Mengenal Teknik Digital. Bandung: Sinar Baru • Muchlas.(2005). Rangkaian Digital. Yogyakarta: Gava Media. • Data Sheet Komponen • Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		Mengasosiasi : Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika **Mengkomunikasikan :** Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika	**Tugas:** Pemberian tugas terkait prinsip, operasi rangkaian digital dan penerapan kendali digital pada system otomasi.		
					•
3.13. Mendeskripsikan prinsip operasional system kendali digital 4.13. Memeriksa kondisi operasional sirkit kendali digital	• Gerbang logika dasar dan aljabar boole, menganalisis dan mendeskripsikan rangkaian logika, penyederhanaan rangkaian logika • Komponen & Sirkit Kendali	**Mengamati :** • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan & Sandi • Komponen & Sirkit kendali digital	**Kinerja :** • Pengamatan Sikap Kerja • Pengamatan kegiatan proses belajar dalam mendeskripsikan	2 x 6 JP	• Lukas Willa. (2010).Teknik Digital, mikroprosesor dan mikrokomputer, Bandung:

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	digital: Integrated Circuits (Clock Timer),Rangkaian kombinasi dalam kemasan IC(Adder, Multiplexer,demultiplexer, encoder, decoder), Rangkaian sekuensial (flip-flop), Pencacah dan register, Converter (ADC/DAC) • Aplikasi teknik digital pada bidang ketenagalistrikan. **Project work**: membuat sirkit kendali digital sederhana pada aplikasi teknik ketenagalistrikan.	**Menanya :** Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang : • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan & Sandi • Komponen & Sirkit kendali digital • Aplikasi teknik digital pada bidang ketenagalistrikan **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan & Sandi • Komponen &Sirkit kendali digital • Aplikasi teknik digital pada bidang ketenagalistrikan **Mengasosiasi :**	system logika dan rangkaian digital serta proses pembuatan sirkit kendali digital. **Tes:** Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan prinsip, operasi rangkaian digital dan penerapan kendali digital pada system otomasi khususnya ketenagalistrikan. **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi. **Tugas:** Pemberian tugas terkait prinsip, operasi rangkaian digital dan penerapan kendali digital pada system otomasi.		Informatika • Deddy Rusmadi. (1989). Mengenal Teknik Digital. Bandung: Sinar Baru • Muchlas.(2005). Rangkaian Digital. Yogyakarta: Gava Media. • Data Sheet Komponen • Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan& Sandi • Komponen & Sirkit kendali digital • Aplikasi teknik digital pada bidang ketenagalistrikan **Mengkomunikasikan :** Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan& Sandi • Komponen & Sirkit kendali digital • Aplikasi teknik digital pada bidang ketenagalistrikan			

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
3.3 Mendeskripsikan perangkat keras mikrokontroller 4.3 Menggambarkan blok diagram system minimum mikrokontroller	• Dasar-dasar mikrokontroller : Pengertian mikrokontroller V.S. mikroprosesor, Prinsip dan operasi, konfigurasi, jenis mikrokontroller, Lay Out dan Blok diagram mikrokontroller, arsitektur mikrokontroller (Bus data dan alamat, Pembacaan dan penulisan memory, memory dan perluasan kapasitas memory), clock, register, interupsi, Timer/Counter .	**Mengamati :** • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller **Menanya :** Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang : • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller	**Kinerja :** • Pengamatan Sikap Kerja • Pengamatan kegiatan proses belajar dalam mendeskripsikan prinsip mikrokontroller, Perangkat keras dan arsitektur mikrokontroller. **Tes:** Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan prinsip mikrokontroller, Perangkat keras dan arsitektur mikrokontroller. **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi. **Tugas:**	3 x 6 JP	• Syahban Rangkuti. (2011).Mikrokontroller Atmel AVR, Bandung: Informatika • Widodo Budiharto. (2005). Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler. Jakarta: Elek Media Komputindo • Data sheet manual mikrokontroller Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		• Antar muka system kendali mikrokontroller **Mengasosiasi :** Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller **Mengkomunikasikan :** Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller	Pemberian tugas terkait prinsip mikrokontroller, Perangkat keras dan arsitektur mikrokontroller.		
3.4. Mendeskripsikan prinsip operasi mikrokontroller 4.4. Membuat sirkit sederhana sistem mikrokontroller	• Perakitan system minimum dan downloader (perangkat keras) mikrokontroller. • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan : pembangkitan, distribusi,	**Mengamati :** • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali	**Kinerja :** • Pengamatan Sikap Kerja • Pengamatan kegiatan proses	3 x 6 JP	• Syahban Rangkuti. (2011).Mikrokontroller Atmel AVR, Bandung:

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	transmisi, dan industry (control motor) **Project work** : membuat aplikasi antar muka dengan mikrokontroller pada aplikasi ketenagalistrikan .	mikrokontroller • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan **Menanya :** Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang : • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller • Aplikasi mikrokontroller	belajar dalam mendeskripsikan prinsip mikrokontroller, Perangkat keras dan arsitektur mikrokontroller. **Tes:** Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan prinsip mikrokontroller, Perangkat keras dan arsitektur mikrokontroller. **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi. **Tugas:** Pemberian tugas terkait prinsip mikrokontroller, Perangkat keras dan arsitektur		Informatika • Widodo Budiharto. (2005). Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler. Jakarta: Elek Media Komputindo • Data sheet manual mikrokontroller Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		pada teknik ketenagalistrikan **Mengasosiasi :** Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan **Mengkomunikasikan :** Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan	mikrokontroller.		
3.5. Menentukan pemrograman mikrokontroller	• Set instruksi dan pemrograman Assembly (Kode ASCII, Mnemonic Assembler, fungsi dari perintah dan data,	**Mengamati :** • Instruksi dan logika, algoritma pemrograman mikrokontroller	**Kinerja :** • Pengamatan sikap kerja • Pengamatan	4 x 6 JP	• Syahban Rangkuti. (2011).Mikrokontroller Atmel AVR,

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
4.5. Memprogram mikrokontroller untuk proses pengendalian	struktur pemrograman), Algoritma dan Teknik pemrograman mikrokontroller. • Penggunaan aplikasi compiler program • Antar muka system kendali berbasis mikrokontroller : Port parallel dan serial, komponen komunikasi antar muka, Sistem komunikasi data (interfacing) dengan mikrokontroller .	**Menanya :** Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang : • Instruksi dan logika, algoritma pemrograman mikrokontroller **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : • Instruksi dan logika, algoritma pemrograman mikrokontroller **Mengasosiasi :** Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : • Instruksi dan logika pemrograman mikrokontroller **Mengkomunikasikan :** Menyampaikan hasil	kegiatan proses belajar dalam menggunakan instruksi pemrograman dan penerapan mikrokontroller. **Tes:** Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan instruksi pemrograman dan penerapan mikrokontroller untuk keperluan pengendalian system otomasi. **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi **Tugas:** Pemberian tugas terkait instruksi pemrograman dan penerapan mikrokontroller.		Bandung: Informatika • Widodo Budiharto. (2005). Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler. Jakarta: Elek Media Komputindo • Data sheet manual mikrokontroller Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		konseptualisasi tentang: • Instruksi dan logika pemrograman mikrokontroller			
3.6. Menentukan program pengendalian system otomasi industry dengan mikrokontroller. 4.6. Mengoperasikan rangkaian pengendalian dengan menggunakan mikrokontroller	• Penggunaan aplikasi compiler program • Antar muka system kendali berbasis mikrokontroller : Port parallel dan serial, komponen komunikasi antar muka, Sistem komunikasi data (interfacing) dengan mikrokontroller • Implementasi Sistem Mikrokontroller dalam system otomasi industry: aplikasi antar muka seven segment, LCD, matrix LED,relay, driver Motor Stepper, Servo Motor, DC Brushless,Sensor, ADC, PWM **Project work** : membuat aplikasi antar muka dengan mikrokontroller.	**Mengamati :** • Instruksi dan logika, algoritma pemrograman mikrokontroller • Penerapan mikrokontroller pada system otomasi industry bidang ketenagalistrikan **Menanya :** Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang : • Instruksi dan logika, algoritma pemrograman mikrokontroller • Penerapan mikrokontroller pada system otomasi industry bidang ketenagalistrikan **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang :	**Kinerja :** • Pengamatan sikap kerja • Pengamatan kegiatan proses belajar dalam menggunakan instruksi pemrograman dan penerapan mikrokontroller. **Tes:** Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan instruksi pemrograman dan penerapan mikrokontroller untuk keperluan pengendalian system otomasi. **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi	4 x 6 JP	• Syahban Rangkuti. (2011).Mikrokontroller Atmel AVR, Bandung: Informatika • Widodo Budiharto. (2005). Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler. Jakarta: Elek Media Komputindo • Data sheet manual mikrokontroller Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		• Instruksi dan logika, algoritma pemrograman mikrokontroller • Penerapan mikrokontroller pada system otomasi industry bidang ketenagalistrikan **Mengasosiasi :** Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : • Instruksi dan logika pemrograman mikrokontroller • Penerapan mikrokontroller pada system otomasi industry bidang ketenagalistrikan. **Mengkomunikasikan :** Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: • Instruksi dan logika pemrograman mikrokontroller • Penerapan mikrokontroller pada system otomasi industry bidang ketenagalistrikan	**Tugas:** Pemberian tugas terkait instruksi pemrograman dan penerapan mikrokontroller.		
3.7. Menentukan sistem dan	• Deskripsi penggunaan PLC	**Mengamati:**	**Kinerja :**	3 x 6 JP	• William Bolton.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
komponen perangkat keras *PLC* berdasarkan operation manual *4.7.* Memeriksa sistem dan komponen perangkat keras *PLC*	pada system otomasi industry. • Prinsip Sistem Kontrol diskrit (berbasis data diskrit): Sequensial dan Kondisional, dan Sistem control Kontinyu (berbasis data kontinyu): Linier (PID Controller) dan Non-Linier (Fuzzy Logic). • Komponen-komponen PLC (Processor/CPU, power Supply,memory, dan programming device)	• Sistem dan komponen PLC • Memory dan I/O PLC • Prinsip Operasional PLC **Menanya :** • Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: Sistem dan komponen PLC,Memory dan I/O PLC,Prinsip Operasional PLC, **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang:Sistem dan komponen PLC,Memory dan I/O PLC,Prinsip Operasional PLC. **Mengasosiasi :** • Mengkategorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada	• Pengamatan Sikap Kerja • Pengamatan Proses belajar dalam mendeskripsikan system dan komponen PLCPLC. **Tes:** • Tes lisan/ tertulis dan praktek terkait system dan komponen PLC **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi. **Tugas:** Pemberian tugas terkait system dan komponen PLC		(2003), Programmable Logic Controller. Jakarta:Erlangga • Iwan Setiawan.(2006). Programmable Logic Controller (PLC) & Teknik Perancangan Sistem Kontrol. Yogyakarta: Andi • Operation dan Programming manual PLC • Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		yang lebih kompleks terkait dengan : Sistem dan komponen PLC,Memory dan I/O PLC,Prinsip Operasional PLC. **Mengkomunikasikan :** • Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang:Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: Sistem dan komponen PLC,Memory dan I/O PLC,Prinsip Operasional PLC.			
3.8 Menentukan Hubungan Digital I/O PLC dengan komponen eksternal 4.8 Memeriksa hubungan Digital I/O PLC dengan komponen eksternal	• Komponen-komponen PLC (Processor/CPU, power Supply,memory, dan programming device) • Sistem memory dan interaksi I/O: Jenis memory, struktur dan kapasitas memory, organisasi memory dan interaksi I/O, konfigurasi memory • Sistem input output diskrit (digital): Sistem I/O diskrit, Modul I/O dan pemetaan table, jenis input diskrit (AC/DC), Instruksi PLC untuk output diskrit, Output diskrit (AC/DC, Output TTL)	**Mengamati:** • Sistem dan komponen PLC • Memory dan I/O PLC • Prinsip Operasional PLC **Menanya :** • Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: Sistem dan komponen PLC,Memory dan I/O PLC,Prinsip Operasional PLC, **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan	**Kinerja :** • Pengamatan Sikap Kerja • Pengamatan Proses belajar dalam mendeskripsikan system dan komponen PLCPLC. **Tes:** • Tes lisan/ tertulis dan praktek terkait system dan komponen PLC **Fortofolio:**	3 x 6 JP	• William Bolton. (2003), Programmable Logic Controller. Jakarta:Erlangga • Iwan Setiawan.(2006). Programmable Logic Controller (PLC) & Teknik Perancangan Sistem Kontrol. Yogyakarta: Andi • Operation dan Programming manual PLC • Buku referensi dan artikel yang

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang:Sistem dan komponen PLC,Memory dan I/O PLC,Prinsip Operasional PLC. **Mengasosiasi :** • Mengkategorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : Sistem dan komponen PLC,Memory dan I/O PLC,Prinsip Operasional PLC. **Mengkomunikasikan :** • Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang:Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: Sistem dan komponen PLC,Memory dan I/O PLC,Prinsip Operasional PLC.	Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi. **Tugas:** Pemberian tugas terkait system dan komponen PLC		sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
3.9. Menentapkan konfigurasi dan setup PLC 4.9. Men-Setup PLC	• Komponen-komponen PLC (Processor/CPU, power Supply,memory, dan programming device) • Sistem memory dan interaksi I/O: Jenis memory, struktur dan kapasitas memory, organisasi memory dan interaksi I/O, konfigurasi memory • Sistem input output diskrit (digital): Sistem I/O diskrit, Modul I/O dan pemetaan table, jenis input diskrit (AC/DC), Instruksi PLC untuk output diskrit, Output diskrit (AC/DC, Output TTL) • Koneksi peralatan dengan modul I/O diskrit (Jenis I/O, Modul I/O, Peralatan Sensor) • Setup dan konfigurasi PLC	**Mengamati:** • Sistem dan komponen PLC • Memory dan I/O PLC • Prinsip Operasional PLC **Menanya :** • Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: Sistem dan komponen PLC,Memory dan I/O PLC,Prinsip Operasional PLC, **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang:Sistem dan komponen PLC,Memory dan I/O PLC,Prinsip Operasional PLC. **Mengasosiasi :** • Mengkategorikan data dan menentukan hubungannya,	**Kinerja :** • Pengamatan Sikap Kerja • Pengamatan Proses belajar dalam mendeskripsikan system dan komponen PLCPLC. **Tes:** • Tes lisan/ tertulis dan praktek terkait system dan komponen PLC **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi. **Tugas:** Pemberian tugas terkait system dan komponen PLC	4 x 6 JP	• William Bolton. (2003), Programmable Logic Controller. Jakarta:Erlangga • Iwan Setiawan.(2006). Programmable Logic Controller (PLC) &Teknik Perancangan Sistem Kontrol. Yogyakarta: Andi • Operation dan Programming manual PLC • Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : Sistem dan komponen PLC,Memory dan I/O PLC,Prinsip Operasional PLC. **Mengkomunikasikan :** • Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang:Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: Sistem dan komponen PLC,Memory dan I/O PLC,Prinsip Operasional PLC.			
3.10 Meetapkan Area Memory PLC dan pengalamatan I/O 4.10 Menggunakan Area Memory dan Pengalamatan I/O pada pemrograman PLC	• Peta memory PLC • Pemrograman PLC Standar IEC: Algoritma dan logika pemrograman, Instruksi pemrograman dengan bahasa: Ladder diagram, Instruction List, Function Block Diagram	**Mengamati:** • Area Memori • Prinsip Pemrograman PLC **Menanya :** • Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: Area memori,Prinsip Pemrograman PLC **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku,	**Kinerja :** • Pengamatan Sikap Kerja • Pengamatan Proses belajar dalam mendeskripsikan area memory dan pemrograman PLC. **Tes:** • Tes lisan/ tertulis dan praktek terkait area memory dan	4 x 6 JP	• William Bolton. (2003), Programmable Logic Controller. Jakarta:Erlangga • Iwan Setiawan.(2006). Programmable Logic Controller (PLC) & Teknik Perancangan Sistem Kontrol. Yogyakarta: Andi • Operation dan Programming manual PLC • Buku referensi

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang:Area Memory ,Prinsip Pemrograman PLC **Mengasosiasi :** • Mengkategorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : Area Memori ,Prinsip Pemrograman PLC **Mengkomunikasikan :** • Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang:Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang: Area Memori,Prinsip Pemrograman PLC	pemrograman PLC **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi. **Tugas:** Pemberian tugas terkait area memory dan pemrograman PLC.		dan artikel yang sesuai
3.11 Menentukanbahasa pemrograman *PLC* berdasarkan programming manual *4.11.* Membuat bahasa pemrograman *PLC*	• Peta memory PLC • Pemrograman PLC Standar IEC: Algoritma dan logika pemrograman, Instruksi pemrograman dengan bahasa: Ladder diagram, Instruction	**Mengamati:** • Area Memori • Prinsip Pemrograman PLC **Menanya :** • Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan	**Kinerja :** • Pengamatan Sikap Kerja • Pengamatan Proses belajar dalam mendeskripsikan	4 x 6 JP	• William Bolton. (2003), Programmable Logic Controller. Jakarta:Erlangga • Iwan Setiawan.(2006).

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	List, Function Block Diagram • Rancangan pemrograman dan implementasi (pendefinisian control Task, Prosedur implementasi, Organisasi program : Merancang algoritma control-flow chart, timing diagram, state diagram, konfigurasi PLC, daftar I/O, wiring diagram). **Pemanfaatan Software Aplikasi Pendukung Pembelajaran** • Pemanfaatan Simulator PLC sebagai alat bantu pembelajaran	secara aktif dan mandiri tentang: Area memori,Prinsip Pemrograman PLC **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang: Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang:Area Memory ,Prinsip Pemrograman PLC **Mengasosiasi :** • Mengkategorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : Area Memori ,Prinsip Pemrograman PLC **Mengkomunikasikan :** • Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang:Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan	area memory dan pemrograman PLC. **Tes:** • Tes lisan/ tertulis dan praktek terkait area memory dan pemrograman PLC **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi. **Tugas:** Pemberian tugas terkait area memory dan pemrograman PLC.		Programmable Logic Controller (PLC) & Teknik Perancangan Sistem Kontrol. Yogyakarta: Andi • Operation dan Programming manual PLC • Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		mandiri tentang: Area Memori,Prinsip Pemrograman PLC			

Ket : Minggu efektif kelas XI semester ganjil = 20 minggu, semester genap = 20 minggu. Jumlah jam pelajaran per minggu (Mapel. Sistem Kontrol Terprogram) =6 JP

E. Rencana Pembelajaran

Kegiatan Belajar	Aktivitas	Pencapaian
1. Prosesor, power supply dan peralatan pemrogram PLC.	Lembar informasi. Latihan.	
2. Sistem memori dan Interaksi I/O.	Lembar informasi. Lembar kerja.	
3. Sistem Input/Output Diskrit.	Lembar informasi. Lember kerja. Tugas praktek.	
4. Evaluasi.	Evaluasi pembelajaran. Ujian teori dan praktek.	

BAB II
PEMBELAJARAN

Kegiatan Belajar 1

SISTEM KONTROL DAN PLC

Kompetensi Dasar

Mendeskripsikan sistem dan komponen perangkat keras *PLC* berdasarkan *operation manual*

Informasi

Pada kegiatan belajar 1 ini anda akan belajar tentang dasar sistem kontrol dan konsep dasar pengetahuan dan teknologi PLC. Pengetahuan ini akan sangat bermanfaat dan menunjang dalam memahami tentang prinsip kerja PLC dan penggunaanya dalam sistem kontrol.

Tujuan

Setelah menyelesaikan unit ini diharapkan siswa dapat:

1. Menjelaskan pengertian definisi kontrol dalam teknik listrik.
2. Menjelaskan perbedaan antara sistem kontrol loop terbuka dan loop tertutup
3. Menjelaskan keuntungan-keuntungan menggunakan PLC yang dipakai dalam sistem kontrol jika dibandingkan dengan rele .
4. Menyebutkan bagian-bagian perangkat keras PLC.
5. Menjelaskan fungsi setiap bagian blok dari diagram blok PLC.
6. Menjelaskan fungsi dari modul input dan modul output pada PLC.

Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari unit ini Anda harus terlebih dahulu memiliki pengetahuan tentang:

1. Sistem kontrol rele.
2. Dasar-dasar kontrol elektronika digital.

Materi Pembelajaran

Pada unit ini akan kita bahas tentang sistem kontrol, spesifikasi perangkat keras PLC, modul input dan output, dan perlengkapan input dan output eksternal yang dihubungkan pada sistem kontrol PLC.

Persyaratan Lulus

Pada kegiatan belajar 1 siswa diharuskan untuk menyelesaikan tugas-tugas yang diberikan yang tercantum dibagian akhir unit ini. Penilaian terhadap unit ini mencakup penilaian tentang ketuntasan terhadap tugas-tugas yang diberikan oleh guru.

Untuk dapat lulus dari unit ini anda harus telah mengerjakan seluruh latihan dan tugas yang diberikan. Selanjutnya untuk mengetahui hasil belajar yang diperoleh, siswa harus menyerahkan hasil kerja dari tugas-tugas yang diberikan kepada guru/pembimbing untuk diberikan penilaian.

Uraian Materi Pembelajaran 1

Pada umumnya segala macam bentuk industri mempunyai tujuan kearah bagaimana meningkatkan produktifitas. Cara yang ditepuh diantaranya adalah dengan meningkatkan otomasi proses dan mesin. Otomasi ini diperlukan untuk secara langsug meningkatkan kuantitas produk (output), meningkatkan kualitas produk dan kepresisian. Dalam segala bentuknya otomasi diterapkan untuk menggiring kearah tertentu yang terkait dengan hasil dan operasi kontrol sesuai yang diinginkan.

Pada beberapa perusahaan dan pabrik menempatkan tenaga kerja untuk menangani kontrol mesin dan peralatan. Oleh karena itu tenaga kerja yang menangani kontrol ini harus tahu bagaimana sebuah proses beroperasi dan input apa yang diperlukan untuk mencapai dan menjaga output yang diinginkan.

Untuk mencapai otomasi proses, operator harus diganti dengan beberapa bentuk sistem otomatis yang dapat mengontrol proses dengan sedikit atau tanpa intervensi manusia.

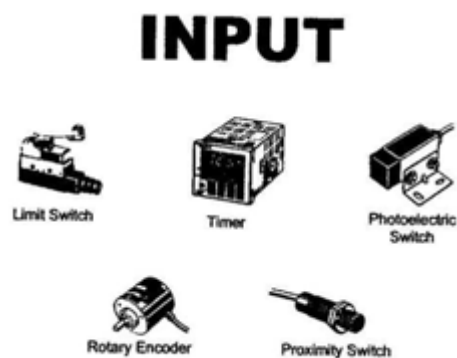
A. Sistem Kontrol

Kata kontrol sering kita dengar dalam pembicaraan sehari-hari. Secara etimologi kata kontrol berarti "mengatur", sedangkan secara terminologi khususnya dalam bidang teknik listrik kata kontrol diartikan sebagai ***"suatu peralatan atau kelompok peralatan yang digunakan untuk mengatur fungsi suatu mesin untuk menetapkan tingkah laku mesin tersebut sesuai dengan yang dinginkan'.***

Sistem yang mempunyai kemampuan untuk melakukan start, mengatur dan memberhentikan suatu proses untuk mendapatkan output sesuai dengan yang diinginkan disebut "***Sistem Kontrol***". Pada umumnya sebuah sistem kontrol adalah merupakan suatu kumpulan peralatan electric/electronic, peralatan mekanik, atau peralatan lainnya yang digunakan untuk menjamin stabilitas, transisi yang halus serta akurasi sebuah proses.

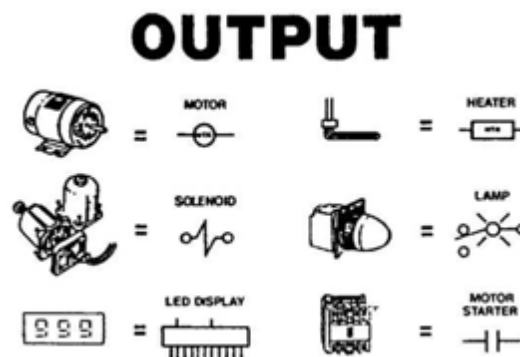
Setiap sistem kontrol mempunyai tiga elemen pokok, yaitu : input, proses, dan output.

Gambar 2. 1 Sistem kontrol

Seperti ditunjukkan pada gambar di atas umumnya input berasal dari transducer. Transducer ini adalah suatu alat yang dapat merubah kuantitas fisik menjadi sinyal listrik. Beberapa contoh dari tranducer diantaranya dapat berupa : tombol tekan, sakelar batas, termostat, straingages, dsb. Transducer ini mengirimkan informasi mengenai kuantitas yang diukur. Gambar di bawah menunjukkanbeberapa contoh dari peralatan input.

Gambar 2. 2 Komponen input

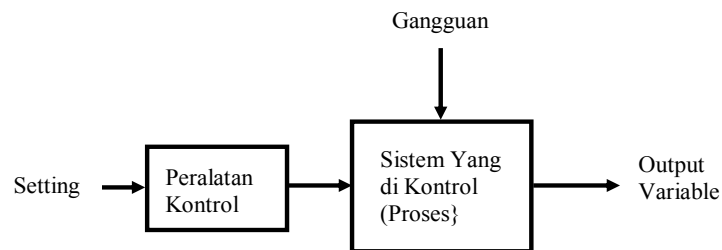
Proses di dalam sistem kontrol ini dapat berupa rangkaian kontrol dengan menggunakan peralatan kontrol yang dirangkai secara listrik. Dan ada pula yang menggunakan peralatan kontrol dengan sistem pemrograman yang dapat diperbaharui atau lebih populer disebut dengan nama PLC (Programmable Logic Controller).

Pada kontrol dengan sistem pemrograman yang dapat diperbaharui, program kontrol disimpan dalam sebuah unit memori dan memungkinkan atau dapat merubah program yang telah ditulis sebelumnya, yaitu dengan cara melakukan pemrograman ulang sesuai dengan yang diinginkan.
Tugas dari bagian proses adalah memproses data yang berasal dari input dan kemudian sebagai hasilnya adalah berupa respon (output).

Sinyal yang berasal dari bagian proses ini berupa sinyal listrik yang kemudian dipakai untuk mengaktifkan peralatan output seperti: motor, solenoid, lampu, katup, dsb.Dengan menggunakan peralatan output ini kita dapat merubah besaran/kuantitas listrik kedalam kuantitas fisik. Gambar di bawah menunjukkanbeberapa contoh dari peralatan output.

Gambar 2. 3 Kompoen Output

1. Kontrol Loop Terbuka

Sistem kontrol loop terbuka adalah merupakan suatu proses dalam suatu sistem yang mana variabel input akan berpengaruh pada output yang dihasilkan.

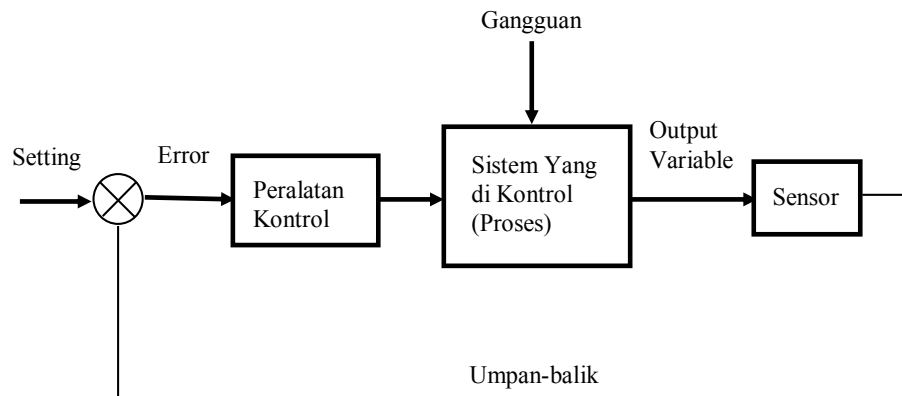
Gambar di bawah menunjukkanblok diagram dari sistem loop terbuka, yang mungkin dapat membantu anda dalam memahami sistem kontrol tersebut.

Gambar 2. 4 Diagram kontrol loop terbuka

Jika kita lihat blok diagram di atas pada sistem kontrol loop terbuka di sini tidak ada informasi yang diberikan ke peralatan kontrol yang berasal dari peralatan output (veriabel yang dikontrol), sehingga tidak dapat diketahui dengan tepat apakah output yang diinginkan sesuai dengan keinginan atau tidak. Terutama apabila terjadi gangguan dari luar yang dapat mempengaruhi output. Oleh karena itu pada sistem ini akan terjadi kesalahan yang cukup besar oleh karena tidak adanya koreksi.

2. Kontrol Loop Tertutup

Kontrol loop tertutup adalah sebuah proses yang mana variabel yang dikontrol secara terus menerus disensor kemudian dibandingkan dengan kuantitas referensi. Adapun variabel yang dikontrol ini dapat berupa hasil pengukuran seperti misalnya pengukuran temperatur, kelembaban, posisi mekanik, kecepatan putaran, dsb, Kemudian hasil pengukuran tadi diumpan balikan ke pembanding (comparator). Pembanding ini dapat berupa peralatan mekanik, listrik/elektronik, atau pneumatik. Pada alat pembanding ini antara kuantitas referensi dengan sinyal sensor yang berasal dari variabel yang dikontrol dibandingkan, dan sebagai hasilnya adalah sinyal kesalahan. Sinyal kesalahan ini hasilnya bisa positif atau negatif, secara matematis sinyal kesalahan ini seperti ditunjukkan pada persamaan di bawah.

Error = harga hasil pengukuran variabel yang dikontrol – set point (referensi)

Gambar di bawah menunjukkanblok diagram sistem kontrol tertutup.

Gambar 2. 5 Diagram kontrol loop tertutup

Apabila kita lihat gambar blok diagram di atas, maka pada blok peralatan kontrol dapat berupa peralatan yang dapat bekerja secara mekanik, listrik/elektronik, ataupun pneumatik, yang mana pada blok ini menerima sinyal kesalahan dan menghasilkan sinyal output yang kemudian diberikan pada bagian proses untuk memperbaiki kesalahan sampai hasil/produk betul-betul sesuai dengan yang diinginkan atau kesalahan sama dengan nol. Demikian mekanisme sistem kontrol loop tertutup, dan mekanisme tersebut bekerja secara terus-menerus (berkelanjutan).

B. Programmable Logic Controller (PLC)

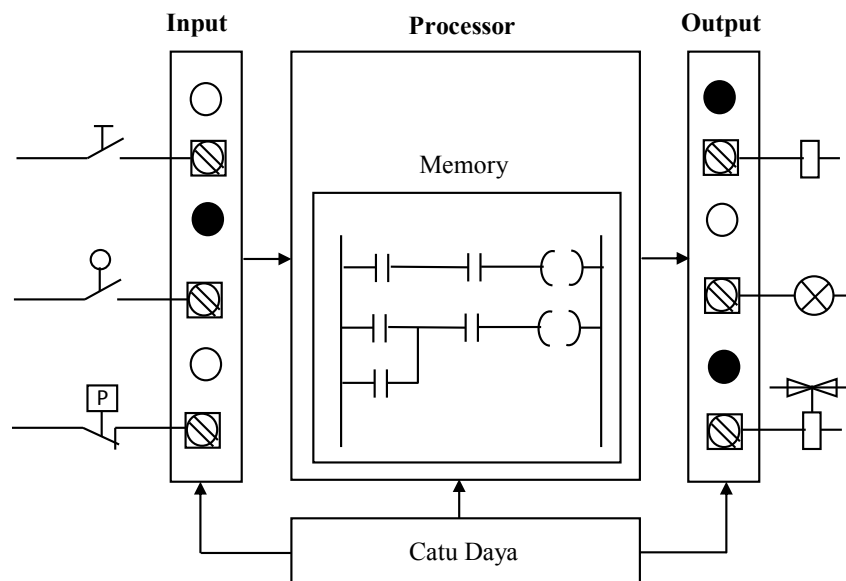
Rele magnit sudah banyak dipakai untuk kontrol logika di industri beberapa tahun lamanya dan sampai sekarang dan akan tetap dipakai secara luas pada tahun-tahun berikutnya. Oleh karena pengembangan bahan, konstruksi dan desain, rele mampu beroperasi ribuan kali tanpa mengalami gangguan. Namun demikian dalam beberapa hal atau pada kondidsi tertentu logika elektronik lebih baik dari pada logika rele.

Disamping itu hasil pengembangan sistem kontrol PLC menunjukkanbahwa biaya menjadi rendah, serbaguna dan mudah dalam melakukan commissioning .

PLC pada dasarnya dibuat dan dikembangkan untuk digunakan menggantikan rele yang dipakai dalam sistem kontrol. Standar unit dari PLC didasarkan pada perangkat keras yang terdiri dari memori yang digunakan untuk mengontrol mesin atau proses.

Terdapat empat bagian pokok dari sebuah PLC, yaitu:

- Prosesor (CPU) – melalui program, prosesor ini mengontrol sebuah proses.
- Input - dilengkapi dengan antar muka antara PLC dengan peralatan input eksternal PLC.
- Output - dilengkapi dengan antar muka antara PLC dengan peralatan output eksternal PLC.
- Catu daya - dilengkapi dengan variasi tegangan yang diperlukan baik untuk prosesor ataupun bagian I/O.

Untuk jelasnya perhatikan gambar. 2.6 berikut ini.

Gambar 2. 6 Diagram sistem kontrol PLC

Peralatan input eksternal dapat berupa:

- Sakelar : sakelar batas, proximity, apung, tekanan, temperatur, tombol tekan.
- Analog.
- Logic : BCD (binary code decimal).
- Dsb.

Peralatan output eksternal dapat berupa:

- solenoid (katup).
- Motor starter.
- Tanda bahaya (alarm).
- Indikator.
- Logic : BCD (*binary code decimal*)

PLC ini lebih fleksibel dan mudah, karena PLC merupakan alat kontrol yang hanya didasarkan pada pemrograman dan kemudian mengeksekusi instruksi logika yang sederhana (program), adapun bahasa pemrograman pada umumnya bentuk ladder atau yang bahasa lainnya seperti mnomenic. PLC juga mempunyai fungsi internal seperti *timer, counter, sift-register.*

PLC beroperasi dengan cara menguji sinyal input, kemudian memproses sinyal input tersebut, dan akhirnya menghasilkan sinyal output (sesuai dengan program yang dibuat dalam memori) yang dipakai untuk menggerakkan peralatan, mesin atau proses. PLC juga dilengkapi dengan peralatan antar muka yang memungkinkan PLC dapat dihubungkan secara langsung dengan actuator atau transducer seperti pompa atau katup tanpa melalui rangkaian perantara.

Dengan menggunakan PLC ini akan dapat memungkinkan kita untuk memodifikasi sistem kontrol tanpa melepas atau mengubah alur pengawatan peralatan kontrol. Yaitu cukup dengan merubah program kontrol melalui alat pemrogram.

Akhir-akhir ini PLC dalam aplikasi banyak dipakai di industri-industri, karena PLC ini mempunyai keunggulan-keunggulan spesifik.Ada beberapa keuntungan yang dapat kita peroleh apabila kita menggunakan PLC dalam aplikasi kontrol di industri.
Ini akan terhihat dengan jelas kalau kita lihat dari beberapa segi, diantaranya:

- **Ditinjau Dari Segi Biaya**

  Jika sebuah aplikasi kontrol yang komplek dan menggunakan banyak rele, maka akan lebih murah apabila kita menggunakan/memasang satu buah PLC sebagai alat kontrol.

  Salah satu masalah apabila aplikasi kontrol menggunakan rele adalah sama saja dengan kita mengeluarkan biaya untuk membuat satu rangkaian kontrol yang digunakan untuk satu buah aplikasi kontrol. Ini berarti apabila kita akan membuat satu atau lebih rangkaian kontrol yang sejenis akan memerlukan biaya tambahan.

  Tetapi dengan menggunakan PLC kita dapat membuat rangkaian kontrol yang sejenis tanpa memerlukan biaya tambahan untuk membeli komponen kontrol, sebab komponen kontrol yang diperlukan dalam sistem kontrol tersebut dapat disimulasikan oleh PLC, seperti contohnya : *timer, counter, sequencer,* dsb.

- **Ditinjau Dari Segi Fleksibelitas**

  PLC dapat dengan mudah diubah-ubah dari satu aplikasi ke aplikasi lain dengan cara memprogram ulang sesuai dengan yang diinginkan, tidak seperti pada kontrol rele kita harus melakukan pengawatan ulang dan ini tentu saja akan memakan waktu dan biaya.

- **Ditinjau Dari Segi Keandalan**

  PLC jauh lebih andal jika dibandingkan dengan kontrol rele. PLC didesain untuk bekerja dengan keandalan yang tinggi dan jangka waktu pemakaian yang lama pada lingkungan industri. PLC ini juga diproteksi terhadap kemungkinan kerusakan

akibat surja pada bagian I/O-nya, yaitu dengan cara menggunakan rangkaian isolasi opto (cahaya).

Dengan menggunakan batere cadangan (back-up) pada RAM atau EPROM untuk menyimpan atau menjaga program aplikasi, maka dapat dijamin waktu produksi yang vital tidak akan hilang yang dikarenakan oleh program hilang atau penyimpangan setelah terjadi kesalahan dalam sistem kontrol.

- **Mempunyai Kemampuan Seperti Komputer**

Pada dasarnya PLC adalah komputer juga, dan ini berarti kita dengan menggunakan PLC dapat mengumpulkan dan momroses data. PLC dapat pula melakukan diagnosa dan menunjukkankesalahan apabila terjadi gangguan, sehingga ini sangat membantu dalam melakukan pelacakan gangguan.

PLC juga dapat berkomunikasi dengan PLC lain termasuk juga dengan komputer, sehingga kontrol dapat ditampilkan di layar komputer, didokumentasikan, serta gambar kontrol dapat dicetak dengan menggunakan printer.

- **Mudah Dalam Melakukan Pelacakan Gangguan Kontrol**

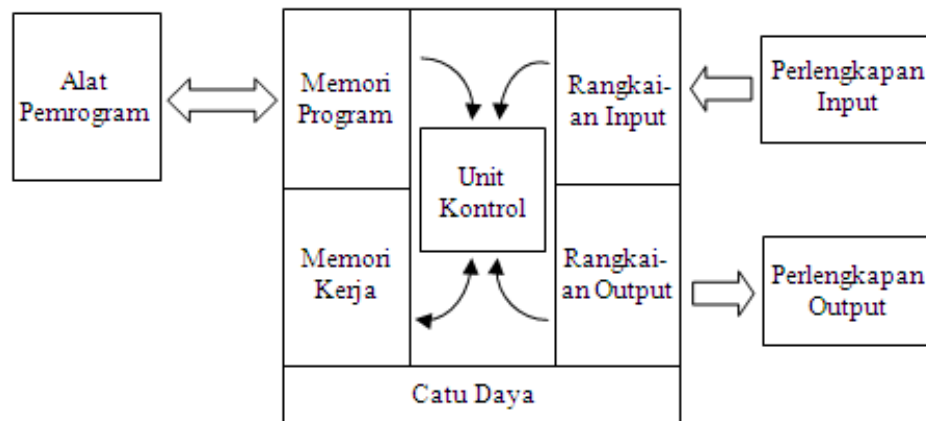
Pada layar monitor dapat ditampilkan gambar kontrol, sehingga kita dapat dengan mudah mengamati apa yang terjadi di sistem kontrol. Ini memungkinkan orang untuk melakukan evaluasi terhadap kontrol dan melakukan pengubahan atau perbaikan dengan cukup memasukkan perintah melalui papan ketik ((*keyboard*).

Tabel 2.1 berikut ini menunjukkanperbandingan beberapa jenis media kontrol dalam sebuah sistem kontrol.

Tabel 2. 1 Perbandingan sistem kontrol

Karakteristik	**Sistem Rele**	**Digital Logic**	**Komputer**	**Sistem PLC**
Harga setiap fungsi	Sedang	Rendah	Tinggi	**Rendah**
Ukuran Fisik	Besar	Sangat compact	Cukup compact	Sangat compact
Kecapatan operasi	Rendah	Sangat cepat	Cukup cepat	Cepat
Kekebalan terhadap electric noise	Sempurna	Baik	Cukup Baik	Baik
Instalasi	Memakan waktu dalam desain dan pemasangan	Memakan waktu dalam desain	Memakan waktu dalam pemrograman	Sederhana dalam pemrograman dan pemasangan
Kemampuan dalam operasi yang rumit	Tidak	Ya	Ya	Ya
Mudah dalam mengubah fungsi	Sangat sulit	Sulit	Cukup sulit	Sangat sederhana

Mudah dalam pemeliharaan	Jelek – mempunyai banyak kontak-kontak	Jelek jika IC disolder langsung ke PCB	Jelek – mempunyai beberapa card-card tambahan	Baik – hanya memerlukan sedikit card standar

Gambar 2.7 menunjukkan sebuah struktur blok dari PLC yang mungkin dapat membantu dalam memahami apa itu PLC.

Gambar 2. 7 Struktur blok PLC

PLC adalah sebuah alat kontrol yang bekerja berdasarkan pada pemrograman dan eksekusi instruksi logika. PLC mempunyai fungsi internal seperti, *timer, counter,* dan *sift register.*

PLC beroperasi dengan cara memeriksa input dari sebuah proses guna mengetahui statusnya kemudian sinyal input ini diproses berdasarkan instruksi logika yang telah diprogram dalam memori. Dan sebagai hasilnya adalah berupa sinyal output. Sinyal output inilah yang dipakai untuk mengendalikan peralatan atau mesin. Atarmuka (*interface*) yang terpasang di PLC memungkinkan PLC dihubungkan secara langsung ke *actuator* atau *transducer* tanpa memerlukan rele.

Pada prinsipnya PLC mempunyai tiga bagian pokok yang masing-masing mempunyai tugas yang berbeda, tiga bagian tersebut adalah:

- Pemroses
- Memori
- Input/Output.

Input yang diberikan ke PLC disimpan dalam memori, kemudian diproses oleh PLC berdasarkan instruksi logika yang telah diprogram sebelumnya. Hasil proses adalah berupa output, output inilah yang dipakai untuk mengontrol peralatan. Kerja dari PLC ini sepenuhnya tergantung dari program yang terdapat di memori ini.

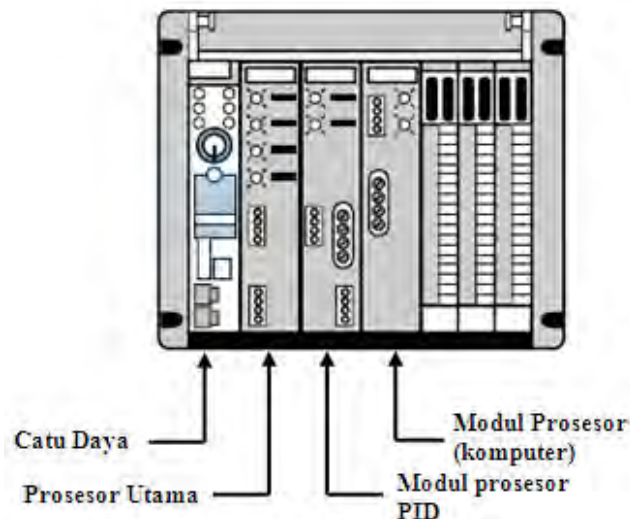
1. Prosesor

Mikroprosesor adalah rangkaian terpadu yang mempunyai kemampuan penghitungan dan kontrol yang hebat, komponen ini digunakan pada PLC. Prosesor ini dapat melakukan operasi matematik, penganganan data, diagnostik secara rutin yang mana ini tidak mungkin dilakukan oleh rele. Gambar 1-3 menunjukkan sebuah ilustrasi dari modul prosesor yang isinya berupa mikroprosesor, rangkaian pendukung, dan sistem memori.

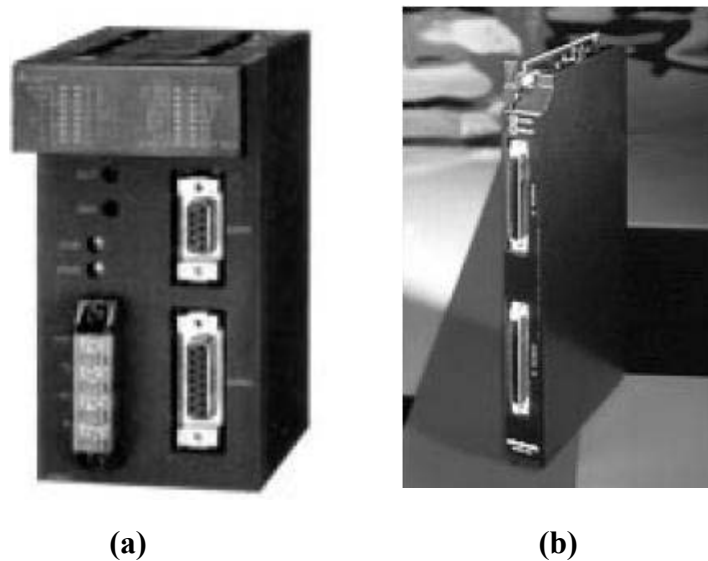
Gambar 2. 8 Prosesor PLC Allen Bradly.

Fungsi dari prosesor adalah memerintah dan mengatur aktifitas keseluruhan sistem. Prosesor melakukan fungsi ini dengan menginterpretasikan dan mengeksekusi koleksi dari program sistem yang disebut dengan eksekutif. Eksekutif adalah sebuah grup dari program supervisor yang disimpan secara tetap di prosesor dan dipertimbangkan sebagai bagian dari PLC itu sendiri. Dengan mengeksekusi eksekutif, prosesor dapat melakukan kontrol, pemrosesan, komunikasi, dan fungsi lainnya.

Eksekutif melakukan komunikasi antara sistem PLC dan pengguna melalui peralatan pemrogram. Eksekutif juga dapat melakukan komunikasi peripheral yang lain, seperti: pemantauan peralatan kontrol, pembacaan data diagnostik dari catu daya, modul I/O dan memori serta komunikasi dengan antarmuka operator.

CPU dari sistem PLC dapat terdiri dari lebih dari satu prosesor untuk mengeksekusi tugas sistem dan komunikasi, karena prosesor ekstra akan menaikkan kecepatan dari operasi ini. Pendekatan ini menggunakan beberapa mikroprosesor untuk membagi tugas kontrol dan komunikasi. gambar 2.9 mengilustrasikan konfigurasi dari multiprosesor.

Gambar 2. 9 Konfigurasi multiprosesor.

Multiprosesor yang lain mengambil mikroprosesor dari CPU dan memindahkannya ke modul cerdas. Teknik ini menggunakan antarmuka I/O cerdas, yang berisi sebuah mikroprosesor yang sudah ada memori di dalamnya dan eksekutif mini yang dapat melakukan tugas-tugas kontrol. Jenis dari modul cerdas ini diantaranya adalah: modul kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) yang dapat melakukan kontrol loop tertutup yang tidak tergantung oleh CPU, antarmuka kontrol motor stepper dan motor servo. Gambar 1-5 memperlihatkan beberapa jenis modul I/O cerdas.

(a) **(b)**

Gambar 2. 10 (a) Modul pemposisian sumbu-tunggal dan (b) Antarmuka kontrol temperature.

Mikroprosesor digunakan dalam PLC dikategorikan pada ukuran word-nya atau jumlah bit yang digunakan secara serentak untuk melakukan operasi. Standar dari panjang word adalah 8, 16, 32 dan seterusnya. Panjang word ini mempengaruhi kecepatan prosesor dalam melakukan operasinya. Sebagai contoh mikroprosesor dengan 32 bit dapat memanipulasi pemindahan data leih cepat dai 16 bit, karena dapat memanipulasi dua kali lebih banyak data dalam sekali operasi. Panjang word berhubungan dengan kemampuan dan derajad kecanggihan dari PLC.

Tugas dari CPU dalam PLC adalah mengontrol dan mensupervisi semua operasi PLC, sebuah komunikasi internal atau "*Bus System*" membawa informasi dari dan ke CPU, I/O, dan memori.

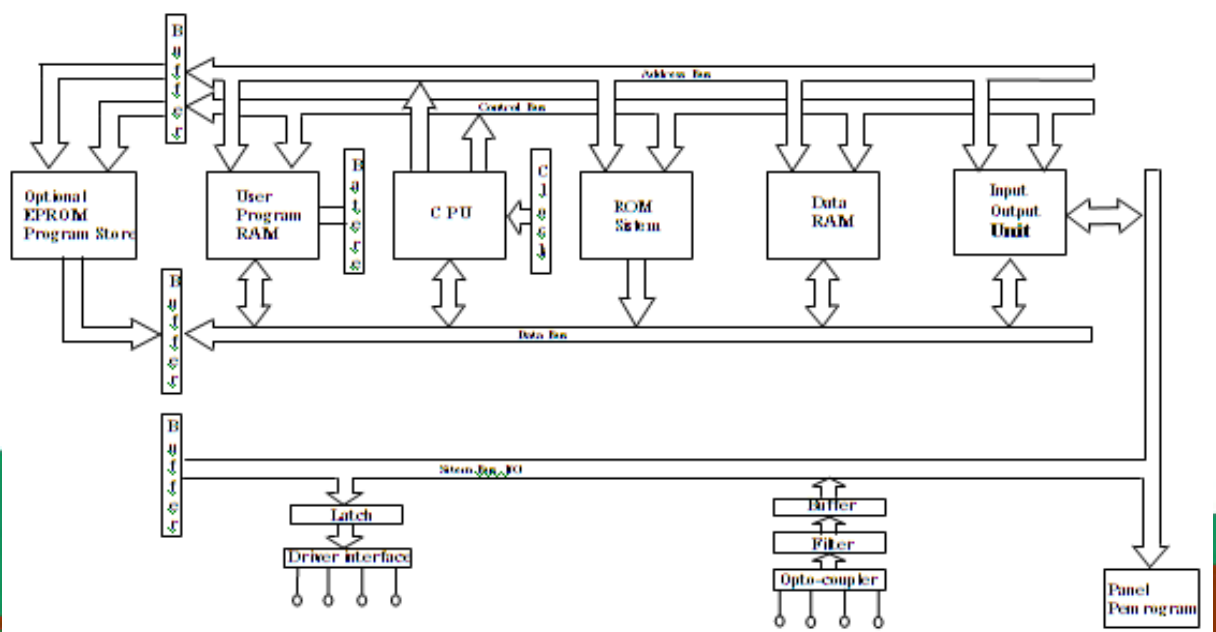
Seperti ditunjukkan pada gambar di bawah, bahwa CPU dihubungkan ke memori dan I/O oleh tiga macam Bus, yaitu:

- *Control Bus*
- *Address Bus*
- *Data Bus*

Control Bus, mengijinkan CPU mengontrol kapan harus menerima atau mengirim informasi dari salah satu yaitu I/O atau memori.

Address Bus, mengijinkan CPU untuk menetapkan alamat untuk membuka komunikasi pada daerah tertentu yang ada di memori atau I/O.

Data Bus, mengijinkan CPU, memori dan I/O untuk saling tukat-menukar informasi (data).

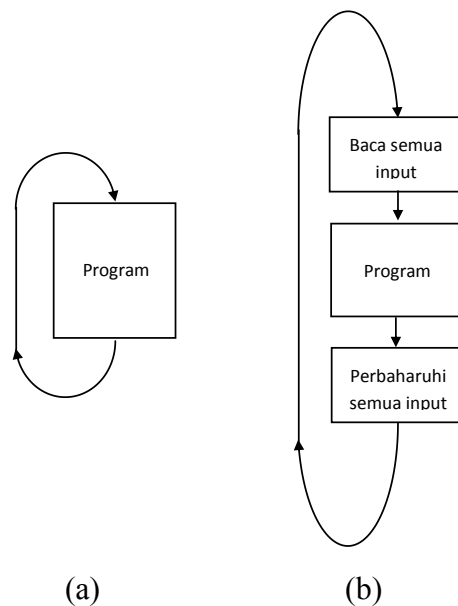
Jumlah garis paralel dalam address bus ditentukan oleh besarnya lokasi memori yang dapat dialamatkan , sedangkan ukuran dari data bus menentukan besarnya jumlah bit informasi yang dapat dilewatkan antara CPU, memori dan I/O.

Gambar 2. 11 Diagram blok Prosesor PLC

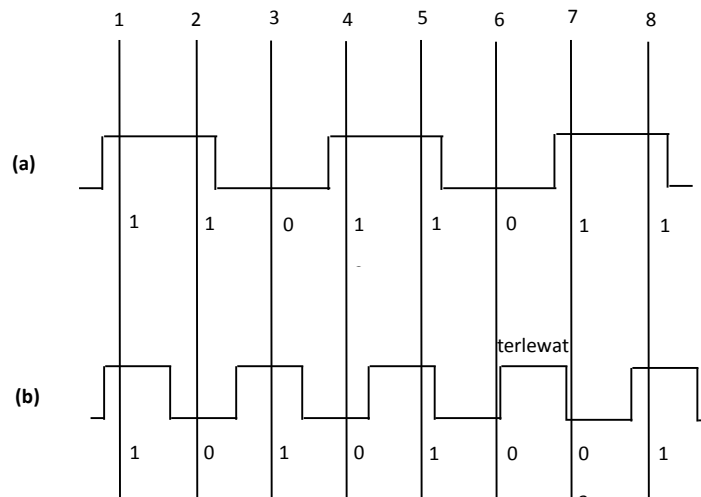
a. Prosesor Scan

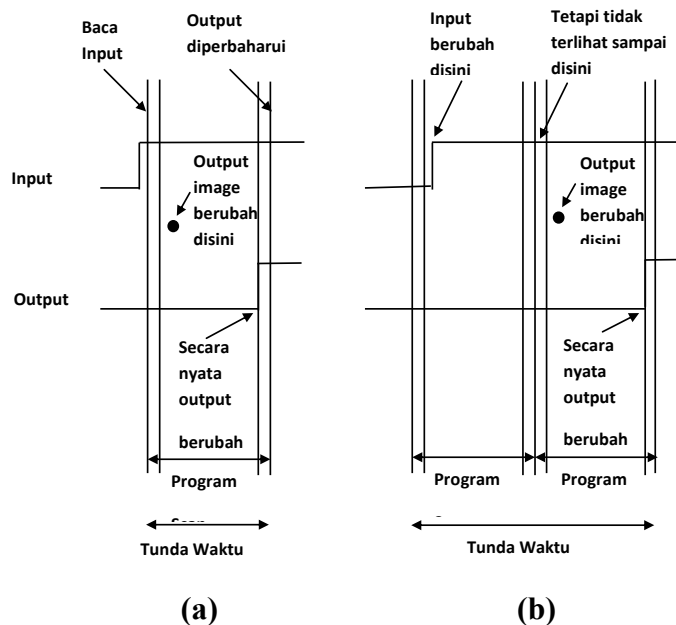
Sebuah PLC beroperasi dengan cara mengeksekusi program yang terdapat di memori PLC secara berulang-ulang (*loop*) seperti ditunjukkan pada gambar. 2.12 (a). Instruksi-instruksi yang terdapat dalam program dieksekusi secara berurutan dari awal hingga akhir dan berkesinambungan, dan ketika instruksi yang terakhir selesai dieksekusi, maka operasi akan kembali lagi dan mulai dari instruksi awal, proses ini akan berlangsung terus selama PLC masih dalam kondisi running.

Aksi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12 (a) disebut dengan p***rogram scan***, dan peroda dari loop disebut dengan ***program scan time.*** Adapun setiap perioda scan lamanya waktu tergantung dari sedikit banyaknya program PLC dan kecepatan prosesor dari PLC tersebut, namun pada umumnya adalah 2 – 5 mS untuk setiap kilo program, secara keseluruhan rata-rata waktu scan mengambil waktu sebasar 10 – 50 mS.

Gambar 2.12 (a) dapat diperluas seperti ditunjukkan pada gambar 2.12 (b) disini terlihat bahwa saat mulai scan semua pernyataan yang terhubung dengan input dibaca kemudian disimpan dalam memori PLC.

Jika PLC beroperasi dimana program di scan berdasarkan urutan seperti telah dijelaskan di atas, maka status output tidak akan berubah dengan segera. Sebuah area memori dalam PLC yang berhubungan dengan output diubah oleh program, kemudian secara serentak status output diperbaharui (*update*) pada akhir dari proses scan. Secara singkat aksi tersebut dapat dijelaskan bahwa proses dari scan adalah membaca input, scan program dan memperbaharuhi ooutput.

Gambar 2. 12 Eksekusi program

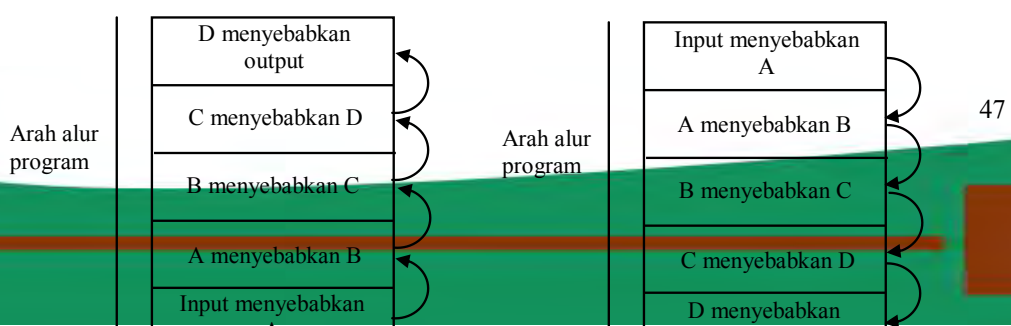
Scan program ini akan membatasi kecepatan sinyal dimana sebuah PLC dapat merespon sinyal tersebut. Pada gambar 12.13 (a) adalah sebuah ilustrasi dimana PLC akan digunakan untuk menghitung pulsa kecepatan tinggi dimana kecepatan pulsa lebih rendah dari kecepatan scan, di sini akan didapatkan bahwa PLC akan menghitung pulsa dengan benar. Pada gambar 12.13 (b) kecepatan pulsa lebih tinggi dari kecepatan scan, di sini akan terlihat bahwa terjadi kesalahan dalam menghitung jumlah pulsa.

Gambar 2. 13 Kecepatan Scan

Scan program PLC ini juga akan berpengaruh kepada waktu respon (respon time). Seperti ditunjukkan pada gambar 2.14, disini terlihat bahwa ternyata scan program akan mengakibatkan pergeseran antara input dan output. Sebuah input akan menyebabkan sebuah output, berdasarkan gambar 2.14 di bawah apabila input ON akan menyebabkan output ON atau sebaliknya apabila input OFF output OFF. Disini dapat kita lihat bahwa terdapat pergeseran waktu antara transisi perubahan status dari OFF ke ON pada input dan pada output (waktunya tidak bersamaan).

Gambar 2. 14 Pengaruh scan program terhadap respon waktu.

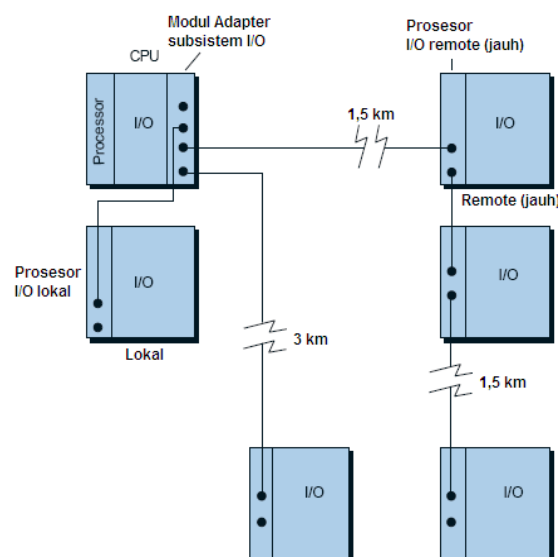
Pada gambar 2.14 (a) menunjukkanbahwa input terjadi (perubahan status) sesaat sebelum scan dimulai, ini akan mengakibatkan pengaktifan (energization) output terjadi dalam satu perioda scan berikutnya. Sedangkan pada gambar 2.14 (b) menunjukkaninput terjadi (perubahan status) setelah input dibaca, sehingga saat itu status input yang terbaca adalah OFF dan status ON-nya baru akan terbaca pada scan yang kedua sebelum output ON (energized). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa respon dapat terjadi atau diberikan bervariasi antara satu atau dua perioda scan.

Dalam kebanyakan aplikasi pergeseran (tunda waktu) operasi peralatan berlangsung dalam waktu puluhan milli-detik, dan ini tidak akan terlalu bermasalah apabila PLC merespon sebuah plan yang dioperasikan menggunakan tombol tekan. Permasalahan akan muncul apabila masukan yang diberikan ke PLC adalah berupa peralatan input dengan aksi cepat seperti photocell.

Tata letak program PLC itu sendiri dapat menghasilkan tunda waktu yang tidak diinginkan, jika alur program dibuat tidak sesuai dengan alur scan program PLC. PLC bekerja mulai dari instruksi pertama untuk setiap scan, kemudian secara berurutan melanjutkan pada instruksi berikutnya sampai akhir program.

Pada gambar 2.15 (a) menunjukkan bahwa sebuah input menyebabkan sebuah output, namun program tersusun melalui lima step, dimana alur logika program berlawanan dengan alur scan. Pada scan pertama input menyebabkan kejadian A, pada scan berikutnya A menyebabkan kejadian B, dan demikian seterusnya sampai scan ke lima yang menyebabkan kejadian D dan kemudian menyebabkan output energized. Jika program tersusun seperti ditunjukkan pada gambar 2.15 (b) urutan secara keseluruhan akan terjadi hanya dalam satu kali scan.

Gambar 2. 15 Pengaruh urutan scan pada alur logika program

b. Pemeriksaan Kesalahan dan Diagnostik

Prosesor PLC secara konstan berkomunikasi dengan sub-sistem secara *local* atau *remote*. Antarmuka I/O menghubungkan sub-sistem ke peralatan eksternal (field) yang ditempatkan dekat atau jauh dengan CPU. Komunikasi sub-sistem melibatkan pertukaran data pada akhir setiap scan program, yaitu: ketika prosesor mengirimkan status akhir dari output terhadap subsistem I/O dan menerima status saat ini dari input dan output. Sebuah modul subsistem I/O, ditempatkan di CPU dan sebuah modul prosesor I/O remote ditempatkan pada subsistem rangka atau rak dan melakukan komunikasi aktual antara peosesor dan subsistem. Gambar 2.16 mengilustrasikan konfigurasi subsistem PLC.

Gambar 2. 16 Subsistem konfigurasi PLC

Jarak antara CPU dan sebuah subsistem dapat bervariasi, tergantung pada pengontrol umumnya berjarak antara 1000 sampai 15.000 kaki. Media komunikasi yang digunakan umumnya berupa, dua buah kabel, kebel coaxial atau kabel serat optik, dan ini tergantung pada PLC dan jaraknya.

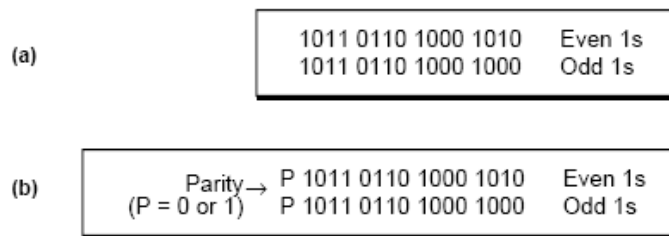
PLC mengirimkan data ke subsistem pada kecepatan yang bervariasi, tetapi ini tergantung PLC-nya. Format data juga bervariasi, tetapi pada umumnya format biner serial yang merupakan susunan dari sejumlah data bit (I/O), bit start dan stop, dan kode deteksi kesalahan (error).

Teknik pemeriksaan error (kesalahan) dimasukan pada komunikasi kontinyu antara prosesor dan subsistem-nya. Teknik ini memastikan validitas data yang diterima dan terkirim. Level kecanggihan dari pemeriksaan error bervariasi dari satu pembuat PLC dengan yang lainnya, seperti halnya jenis kesalahan yang dilaporkan dan aksi pengamanan.

Prosesor menggunakan teknik pemeriksaan error untuk memonitor status fungsi dari memori dan hubungan komunikasi antara subsistem dan peripheral, demikian juga operasinya. Teknik pemeriksaan error termasuk juga paritas dan penjumlahan.

Paritas adalah paling umum dalam teknik deteksi kesalahan. Ini digunakan utamanya dalam aplikasi link komunikasi untuk mendeteksi kesalahan pada jaringan transmisi data. komunikasi antara CPU dan subsistem adalah sebuah contoh dari aplikasi dari pemeriksaan kesalahan paritas. Pemeriksaan paritas sering disebut dengan pemeriksaan redundansi vertikal (vertical redundancy check =VRC).

Paritas menggunakan jumlah bilangan biner „1"untuk memeriksa validitas data transmisi. Terdapat dua jenis pemeriksa paritas, seperti: *even paritas* (paritas

genap), yang mana memeriksa untuk bilangan biner „1“jumlahnya genap, dan *odd parity* (paritas ganjil) yang mana memeriksa bilangan biner „1“jumlahnya ganjil. Ketika data terkirim melalui PLC, ini dikirim dalam format biner („1“ atau „0“). Jumlah bilangan biner „1“ dapat salah satu odd (genap) atau even (ganjil), tergantung pada karakter data yang akan dikirimkan (lihat gambar 2-17). Dalam transmisi data paritas, sebuah bit ekstra ditambahkan ke *word* biner, umunya pada posisi MSB atau LSB (lihat gambar 2.17). Bit ekstra ini disebut dengan bit paritas (P), yang digunakan untuk membuat setiap byte atau word mempunyai jumlah genap atau ganjil, tergantung pada paritas yang akan digunakan.

Gambar 2. 17 (a) data transmisi 16 bit
(b) transmisi yang sama dengan bit paritas (P) dalam posisi MSB.

Sekarang kita anggap bahwa prosesor mengirim 7 bit karakter ASCII C (1000011) ke peralatan peripheral dan memerlukan paritas ganjil.jumlah bilangan biner „1“adalah tiga atau genap. Jika bit paritas adalah bit MSB, data yang terkirim adalah P1000011. Untuk mencapai paritas ganjil, p di set 0 untuk memperoleh bilangan „1“ ganjil. Ujung penerimaan mendeteksi kesalahan jika data tidak berisi bilangan „1“ yang jumlahnya ganjil. Jika paritas genap digunakan untuk pemeriksaan kesalahan, P akan di set ke 1 untuk memperoleh bilangan biner „1“ yang jumlahnya genap.

Pemeriksaan kesalahan paritas adalah metoda deteksi kesalahan tunggal. Jika satu bit data dalam sebuah word berubah, error akan dideteksi karena perubahan

pola bit. Oleh karena itu jika dua bit berubah nilainnya, jumlah „1" akan berubah kembali dan error tidak akan dideteksi meskipun terdapat kesalahan dalam transmisi.

Dalam PLC ketika data ditransmisikan ke sebuah subsistem, pengontrol menetapkan jenis dari paritas (ganjil atau genap) yang akan digunakan. Oleh karena itu jika transmisi data dari PLC ke sebuah peripheral, metoda paritas harus ditentukan sebelumnya dan harus sama untuk kedua peralatan.

Beberapa prosesor tidak menggunakan paritas ketika mengirimkan informasi, meskipun periperalnya mempersyaratkannya. Dalam hal ini, pembangkitan paritas dapat di set untuk ganjil atau genap dengan rutin yang pendek menggunakan blok fungsi atau bahasa level tinggi. Jika sebuah prosesor diorientasikan pada non paritas menerima data yang berisi paritas, sebuah rutin software juga dapat digunakan untuk menopengi atau melepas bit paritas.

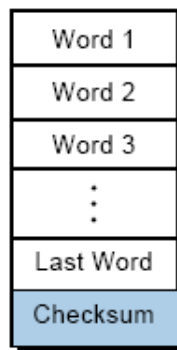
Cek Penjumlahan (Checksum). Bit ekstra dari data ditambahkan ke setiap *word* menggunakan deteksi kesalahan paritas sering terlalu boros dari yang diinginkan. Dalam penyimpanan data, contohnya diinginkan deteksi kesalahan, tetapi memberikan satu bit ekstra untuk setiap delapan bit berarti kehilangan 12,5% kapasitas penyimpanan. Untuk alasan ini, metode cek kesalahan blok data digunakan checksum.

Deteksi kesalahan checksum melokalisasi kesalahan dalam blok dari beberapa word bukan word secara individu seperti pada paritas. Checksum menganalisa semua word dalam sebuah blok data dan kemudian menambahkannya ke ujung dari blok satu word yang merefleksikan sebuah karakteristik dari blok. Gambar 2.18 menunjukkanword terakhir ini yang disebut dengan block check character (BCC). Jenis pemeriksaan error ini cocok untuk pemeriksaan memori dan biasanya dilakukan ketika menghidupkan alat.

Terdapat beberapa metode dalam peghitungan checksum, tiga metode yang

paling bayak dipakai:

- Pemeriksaan siklus redudansi.
- Pemeriksaan longitudinal redudansi.
- Checksum siklus exclusive-OR.

Pemeriksaan Siklus Redudansi. Pemeriksaan siklus redudansi (Cyclic redundancy check=CRC) adalah teknik yang menunjukkantambahan dari semua word dalam sebuah blok data dan kemudian menyimpan hasil penjumlahan dalam lokasi akhir karakter pemeriksaan blok (block check character = BCC).

Gambar 2. 18 Blok pemeriksaan karakter pada akhir dari blok.

Proses penjumlahan ini dapat dengan cepat mencapai kondisi overflow, dengan demikian satu variasi dari CRC menjadikan penjumlahan overflow, yang disimpan hanya sisa bit dalam word BCC. Khususnya word yang dihasilkan di komplemen-kan dan ditulis dalam lokasi BCC. Selama pemeriksaan error, semua word dalam blok ditambahkan bersama, dengan penambahan pemutaran word BCC hasilnya 0. Pejumlahan nol mengindikasikan sebuah blok yang valid. Jenis yang lain dari CRC membangkitkan BCC menggunakan sisi dari pembagian jumlah oleh bilangan biner yang telah di set sebelumnya.

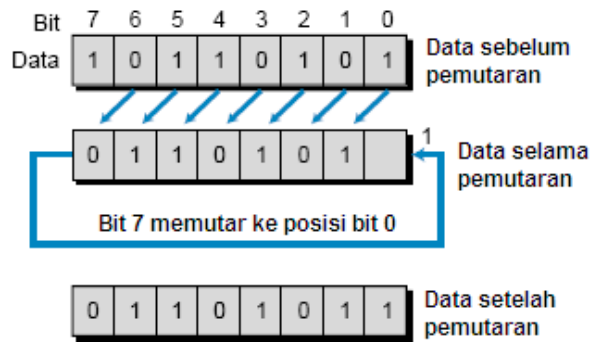
Pemeriksaan Longitudinal Redudansi. Longitudinal redundancy check (LRC) adalah sebuah teknik pemeriksaan kesalahan didasarkan pada akumulasi

dari hasil exclusive-OR (XOR) pada setiap word dalam blok data. Operasi exclusive-OR adalah mirip dengan logika operasi OR standar. Operasi exclusive-OR direpresentasikan oleh simbol ⊕. Tabel 2.2 mengilustrasikan tabel kebenaran untuk operasi exclusive-OR. Dengan demikian operasi LRC adalah penyederhanaan logika exclusive-OR dari word pertama dengan word kedua dan hasilnya pada word ketiga. Operasi exclusive-OR akhir disimpan pada blok akhir sebagai BCC.

Tabel 2. 2 Tabel kebenaran eksklusif-OR.

Tabel Kebenaran XOR		
Input A	Input B	Output Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Cyclic Exclusive-OR Checksum mirip LRC dengan beberapa variasi (sedikit). Operasi dimulai dengan cek penjumlahan word yang berisi „0‟, yang mana di XOR-kan dengan word pertama dari blok. Ini diikuti oleh putaran kekiri dari bit dalam cek penjumlahan word. Word berikutnya dalam data blok di XOR-kan dengan cek penjumlahan word dan kemudian diputar kekiri (lihat gambar 2.19). Prosedur ini diulang sampai word terakhir dari blok yang telah dioperasikan secara logika. Cek penjumlahan word kemudian ditambahkan ke blok untuk menjadi BCC.

Sebuah rutin software dalam program eksekutif menunjukkan metode pendeteksian kesalahan cek penjumlahan. Biasanya prosesor menunjukkan komputasi pada memori pada saat dihidupkan dan juga selama eksekusi program kontrol. Pemeriksaan kesalahan kontinyu secara on-line ini mengurangi kemungkinan prosesor menggunakan data yang tidak valid.

Gambar 2. 19 Operasi siklus pemeriksaan penjumlahan eksklusif-OR.

2. Sistem Catu Daya

Sistem catu daya memainkan peranan penting dalam operasi sistem secara keseluruhan. Tanggung jawabnya tidak hanya melengkapi tegangan DC internal ke komponen sistem (seperti: prosesor, memori, dan interface input/output), tetapi juga untuk memonitor dan mengatur tegangan suplai dan mengingatkan CPU jika terdapat kesalahan. Catu daya kemudian mempunyai fungsi penyuplaian dengan pengaturan daya yang baik dan proteksi untuk sistem komponen yang lain.

a. Tegangan Input

Biasanya, catu daya memerlukan input dari sumber AC; Namun beberapa PLC didesain memerlukan sumber daya DC, terutama pada aplikasi seperti pada pengeboran lepas pantai, dimana sumber DC umum dipakai. Namun kebanyakan PLC memerlukan sumber 120 VAC atau 220 VAC dan sedikit PLC yang memerlukan sumber daya 24 VDC.

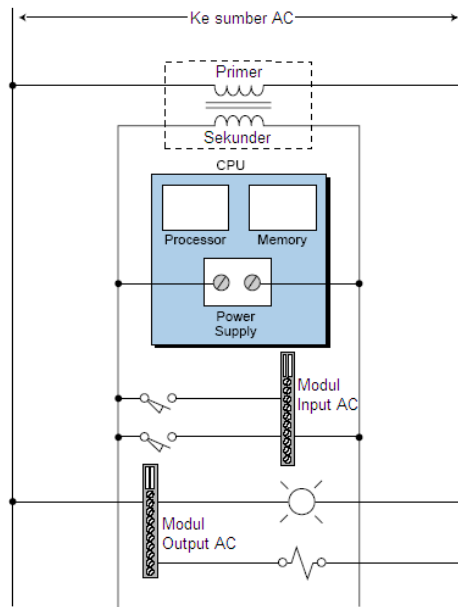
Oleh karena fasilitas industri berdasarkan pengalaman umumnya tegangan dan frekuensi berfluktuasi, maka catu daya PLC harus dapat menerima toleransi variasi kondisi tegangan jala-jala antara 10 s.d. 15%. Sebagai contoh, ketika dihubungkan ke tegangan sumber 120 VAC, catu daya dengan toleransi tegangan ±10% akan tetap melanjutkan fungsinya dengan semestinya sepanjang tegangan tetap bertahan pada 108 dan 132 VAC. Catu daya 220 VAC dengan toleransi tegangan ±10% akan tetap melanjutkan fungsinya dengan semestinya

sepanjang tegangan tetap bertahan pada 198 dan 242 VAC. Ketika tegangan jala-jala melebihi batas toleransi bawah atau atas pada kurun waktu tertentu (umumnya satu sampai tiga periode siklus AC), kebanyakan catu daya akan mengeluarkan perintah untuk mematikan prosesor. Variasi tegangan pada beberapa plan dapat mengakibatkan gangguan dan akan menghasilkan kehilangan produksi. Normalnya dalam kasus seperti ini sebuah transformator tegangan konstan dipasang untuk menstabilkan kondisi tegangan jala-jala.

Transformator Tegangan Konstan. Catu daya yang baik dapat mentoleransi kondisi fluktuasi normal tegangan jala-jala, tetapi meskipun catu daya didisain dengan baik tetap tidak dapat mengkompensasi khususnya kondis tegangan jala-jala yang tidak stabil yang ada di lingkungan industri. Kondisi yang mengakibatkan drop tegangan di bawah level yang semestinya sangat tergantung pada aplikasi dan lokasi plan. Beberapa kondisi yang mungkin disebabkan oleh beberapa hal:

- Menghidupkan dan mematikan peralatan dengan daya yang besar dan pada jarak yang dekat.
- Kerugian jala-jala alamiah, dimana jarak yang bervariasi antara gardu dan beban.
- Kerugian jala-jala antar plan yang diakibatkan oleh buruknya sambungan.

Transformator tegangan konstan mengkompensasi perubahan tegangan pada inputnya (primer) untuk mempertahankan tegangan outputnya (sekunder) agar tetap konstan. Ketika beroperasi pada beban yang lebih kecil dari beban penuhnya, transformator diharapkan mampu mempertahankan regulasi tegangan output kira-kira ±1% dengan variasi tegangan input 15%. Prosentase perubahan regulasi sebagai fungsi dari beban yang beroperasi (catu daya PLC dan peralatan input), pada beban yang lebih tinggi akan menghasilkan fluktuasi yang lebih tinggi pula.

Nominal dari transformator tegangan konstan dalam satuan VA harus dipilih berdasarkan pada kasus yang paling buruk dari keperluan daya beban. Nominal yang direkomendasikan untuk transformator tegangan konstan dapat diperoleh dari pembuat PLC. Gambar 2.20 mengilustrasikan hubungan yang disederhanakan dari transformator tegangan konstan dan PLC.

Gambar 2. 20 Transformator tegangan konstan yang dihubungkan ke sistem PLC (CPU dan Modul I/O).

3. Peralatan Pemrogram

Meskipun cara memasukkan program kontrol ke PLC telah berubah sejak PLC dipasarkan, pembuat PLC selalu mempertahankan *human interface* untuk memasukkan program. Ini berarti bahwa pemakai tidak harus menggunakan banyak waktu belajar bagaimana memasukkan program, dan dapat menggunakan waktunya untuk pemrograman dan pemecahan problem kontrol.

Kebanyakan PLC diprogram menggunakan instruksi yang mirip, perbedaannya hanya pada mekanisme yang berkaitan dengn pemasukan program ke dalam PLC, yang mungkin bervariasi. Secara umum terdapat dua jenis peralatan pemrogram:

- Pemrogram mini.
- Komputer pribadi.

a. Pemrogram Mini

Pemrogram mini, juga biasa disebut dengan *handheld* atau *manual programmer* adalah sebuah alat yang tidak mahal dan portable yang dipakai untuk memrogram PLC kecil (sampai 128 I/O). Secara fisik peralatan ini mirip kalkulator, tetapi mempunyai display yang lebih besar dan keyboard yang berbeda. Jenis display berupa LED atau LCD dan keyboardnya terdiri dari tombol numerik, tombol instruksi pemrogram dan tombol fungsi. Disamping unit handheld, beberapa pengontrol mempunyai pemrogram mini yang sudah ada di dalamnya. Meskipun pada dasarnya digunakan untuk pengeditan dan peng-inputan program kontrol, pemrogram mini dapat juga berguna sebagai alat untuk start-up, pengubahan, dan pemonitoran logika kontrol. Gambar 2.21 menunjukkanpemrogram mini pada PLC kecil.

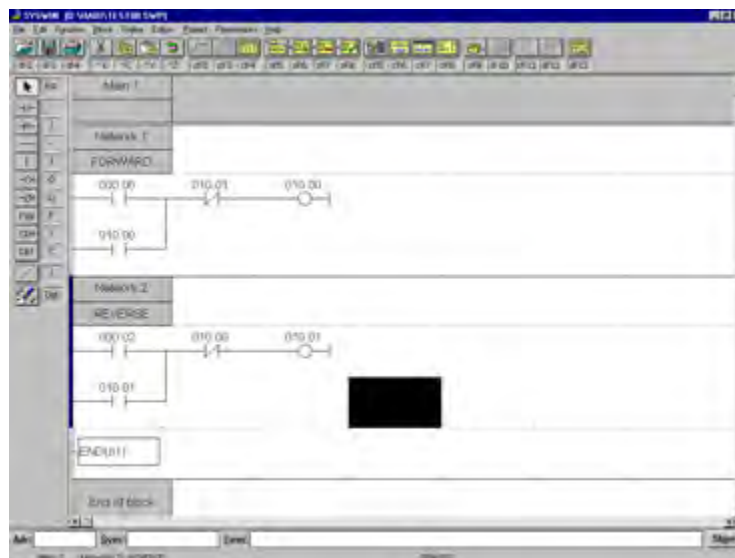
Kebanyakan pemrogram mini didisain agar kompatibel dengan dua atau lebih produk PLC pada famili yang sama. Pemrogram mini kebanyakan sering digunakan pada PLC kecil, sedangkan untuk PLC besar, umumnya diprogram menggunakan komputer dengan software pemrograman PLC khusus.

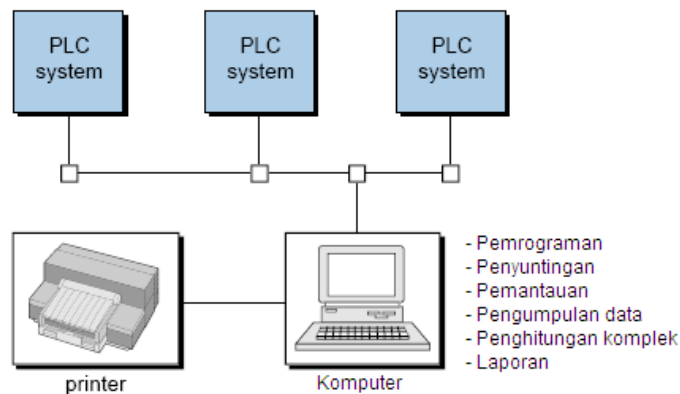
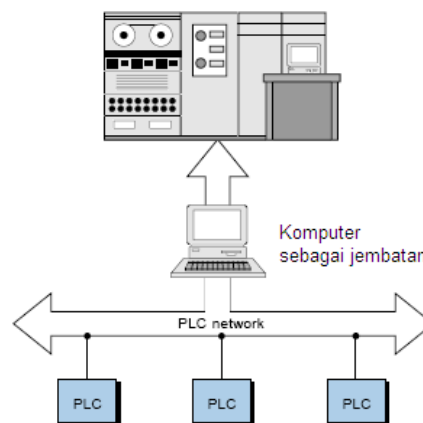
Gambar 2. 21 Alat pemrogram-mini.

Beberapa pemrogram mini juga menawarkan fasilitas untuk penyimpanan program pada kartu memori yang dapat dimasukan kembali kapan saja ke PLC (lihat gambar 2.22). Jenis penyimpanan ini berguna dalam aplikasi dimana program kontrol dari satu mesin di-copy untuk kemudian di download ke mesin lain yang sejenis.

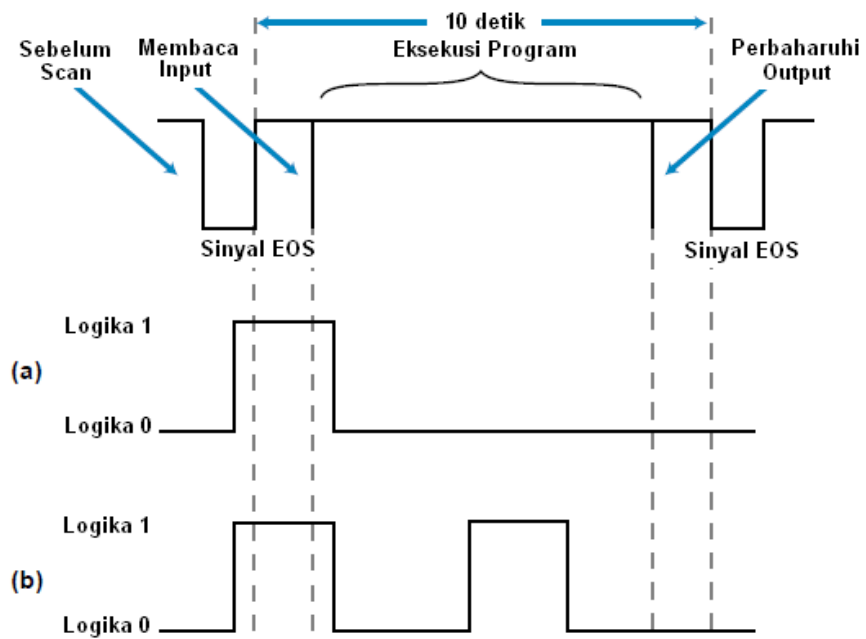
Gambar 2. 22 Kartu memori untuk pemrogram-mini.

b. Komputer Pribadi

Komputer yang dipakai sehari-hari mempunyai arsitektur untuk tujuan secara umum dan standar sistem operasi, kebanyakan pembuat PLC dan penyuplai yang lain menyediakan software yang digunakan untuk mengimplementasikan program ladder, editing, dokumentasi, dan pemonitoran waktu nyata program kontrol PLC. Layar komputer dapat memperlihatkan satu atau lebih rung ladder dari program kontrol selama operasi pemrograman dan pemantauan (lihat gambar 2.23).

Gambar 2. 23 Diagram ladder PLC yang ditampilkan di komputer pribadi.

Beberapa jenis komputer pribadi yang berbeda seperti desktop, laptop dan lainnya dapat digunakan sebagai peralatan pemrogram, tetapi juga dapat digunakan dalam aplikasi lain selain pemrogram PLC, sebagai contoh komputer dihubungkan ke PLC yang terhubung dalam suatu jaringan kerja (LAN) lihat gambar 2.24 untuk menngumpulkan dan menyimpan data pada hardisk komputer. Komputer juga dapat berkomunikasi dengan PLC melalui port serial RS-232C, yang digunakan untuk pelayanan penangan data dan pengawasan kontrol PLC atau menjembatani antara jaringan kerja PLC dan sistem komputer yang lebih besar (lihat gambar 2.25).

Gambar 2. 24 Komputer pribadi yang dihubungkan ke PLC melalui jaringan LAN.

Gambar 2. 25 Komputer pribadi sebagai jembatan antara jaringan PLC dengan mainframe.

Tugas:

1. Gambarkan diagram blok dari PLC dan jelaskan fungsi masing-masing setiap bagian blok-nya terebut!
2. Jelaskan tahapan operasi PLC setelah PLC diaktifkan (ON)!
3. Apa yang akan terjadi apabila waktu scan PLC lebih besar dari waktu pulsa input!
4. Berilah beberapa contoh kelebihan dan kekurangan aplikasi kontrol PLC!
5. Apa yang terjadi selama operasi scan dari PLC jika sinyal dari peralatan input eksternal seperti ditunukan pada gambar berikut.

Kegiatan Belajar 2

PERANGKAT KERAS PLC

Kompetensi Dasar

1. Mendeskripsikan sistem dan komponen perangkat keras *PLC* berdasarkan operation manual.
2. Mengidentifikasi sistem dan komponen perangkat keras *PLC.*

Informasi

Pada unit ini anda akan mempelajari tentang instalasi dan identifikasi perangkat keras PLC. Pengetahuan ini akan sangat menunjang dalam memahami secara lebih rinci tentang karakteristik spesifikasi perangkat keras PLC

Tujuan

Setelah selesai mempelajari unit ini, diharapkan siswa dapat:

1. Mengidentifikasi bagian / komponen perangkat keras PLC SLC 500, S7-200 dan CPM1A.
2. Mengidentifikasi spesifikasi teknis perangkat keras PLC.
3. Menjelaskan karakteristik umum prosesor SLC 500, S7-200 dan CPM1A
4. Mengidentifikasi sistem konfigurasi hardware PLC SLC 500, S7-200 dan CPM1A

Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari unit ini siswa harus terlebih dahulu memiliki pengetahuan tentang :

1. Teknik pemasangan dan pengawatan komponen kontrol.
2. Interprestasi gambar teknik listrik.
3. Komponen kontrol.

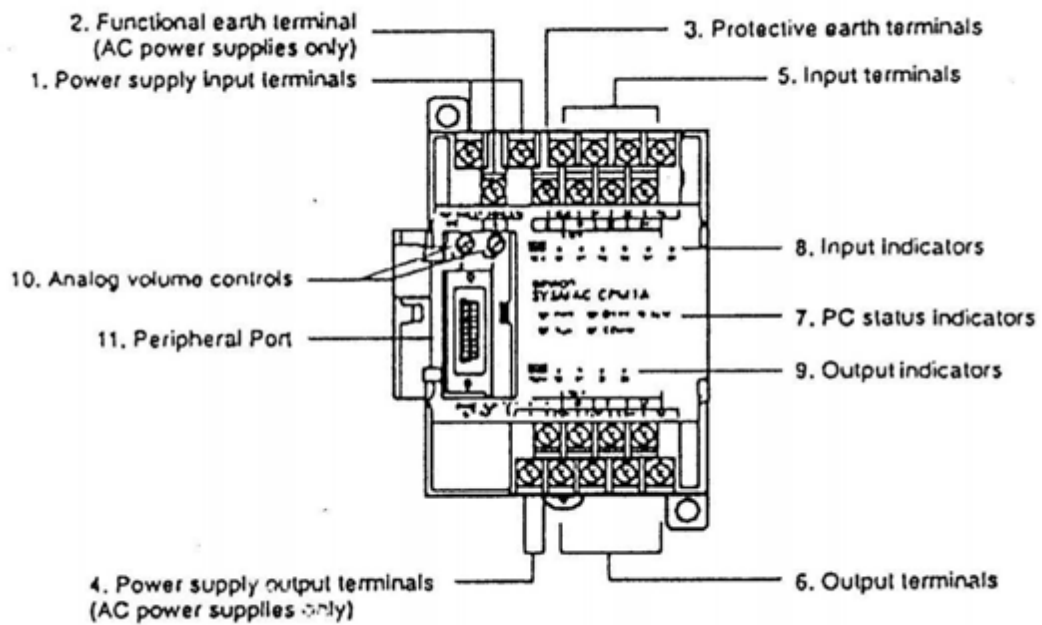
Persyaratan Lulus

Untuk dapat lulus dari unit ini anda harus telah mengerjakan seluruh latihan dengan benar, dan telah pula mengerjakan test dengan skor minimum 70.

Uraian Materi Pembelajaran 2

A. Sistem Konfigurasi PLC (OMRON)

1. Komponen CPU CPM1A

Komponen-komponen dari CPU CPM1A seperti ditunjukkan pada gambar di bawah.

Gambar 2. 26 Komponen-komponen PLC

2. Indikator Status PLC

Tabel 2. 3 Indikator Status PLC

Indikator	Status	Arti
PWR (green)	ON	Power diberikan ke PLC
	OFF	Power tidak diberikan ke PLC
RUN (green)	ON	PLC beroperasi pada mode RUN atau MONITOR
	OFF	PLC pada moda PROGRAM atau terjadi kesalahan fatal
ERR/ALM (red)	ON	Terjadi kesalahan fatal (Operasi PLC terhenti)
	Berkedip	Terjadi kesalahan yang tidak fatal (Operasi PLC tetap berlangsung)
	OFF	Mengindikasikan beroperasi normal
COMM (orange)	ON	Data sedang ditransfer melalui Peripheral Port
	OFF	Data sedang tidak ditransfer melalui Peripheral Port

Indikator Input:

Indikator ini akan menyala apabila input ON. Apabila terjadi kesalahan fatal, Lampu indikator berubah sebagai berikut:

CPU atau I/O bus error:

Input indikator OFF

Memory atau sistem error:

Input indikator tetap pada status sebelum kesalahan (error) terjadi, meskipun status input berubah.

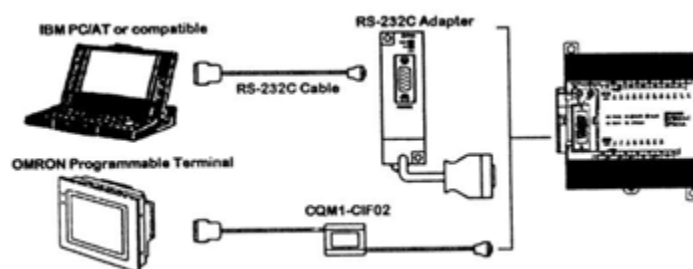
Indukator Output:

Indikator ini menyala ketika rele output ON.

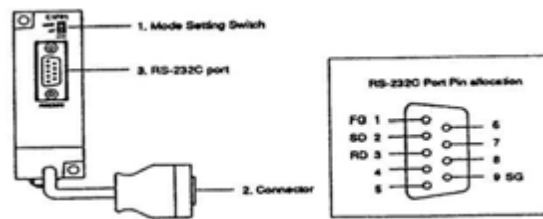
3. Komunikasi PLC (Host Link)

Dengan komunikasi Host Link memungkinkan sebuah host komputer mengontrol sampai 32 PLC OMRON. Untuk menghubungkan PLC dengan komputer dapat menggunakan adapter RS-232C atau RS-422.

Komunikasi 1-1

Komunikasi seperti ditunjukkan pada gambar di bawah adalah metoda hubungan 1:1 yaitu hubungan antara PLC CPM1 dengan Komputer IBM PC/AT atau komputer yang kompatibel dengan IBM PC/AT.

Gambar 2. 27 Komunikasi 1:1

Komponen Adapter Komunikasi (RS-232C Adapter)

Komponen-komponen yang terdapat pada RS-232C adapter seperti ditunjukkan pada gambar di bawah.

Gambar 2. 28 Komunikasi serial RS-232C

Bagian dan fungsi dari komponen-komponen tersebut adalah :

ModeMode Setting Switch

Set saklar ini ke host apabila akan menggunakan sistem host link untuk menghubungkan ke personal komputer. Dan set saklar ke NT apabila ingin menghubungkan PLC ke komputer dengan metoda 1:1 NT Link.

Connector

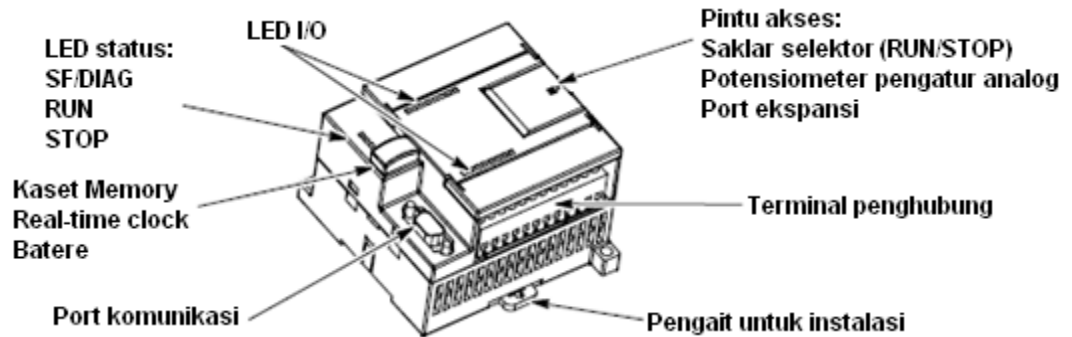
Connector ini digunakan sebagai penghubung ke CPU Peripheral Port.

RS-232C Port

Dengan menggunakan kabel RS-232C Port ini dihubungkan ke peralatan lain seperti Personal Computer, Peralatan Peripheral dan Terminal Pemrogram.

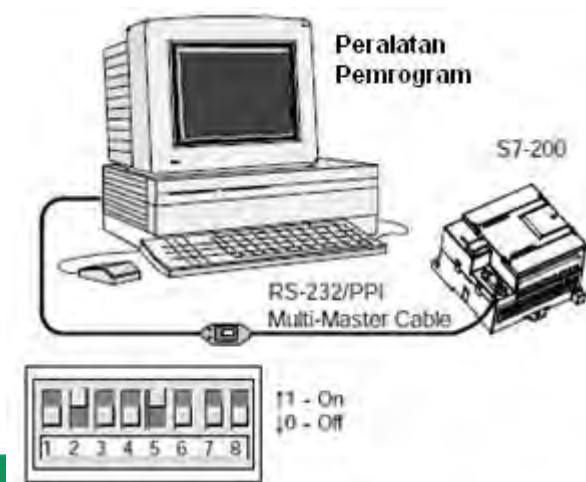
B. Konfigurasi Sistem PLC SIEMENS

1. Komponen CPU S7-200

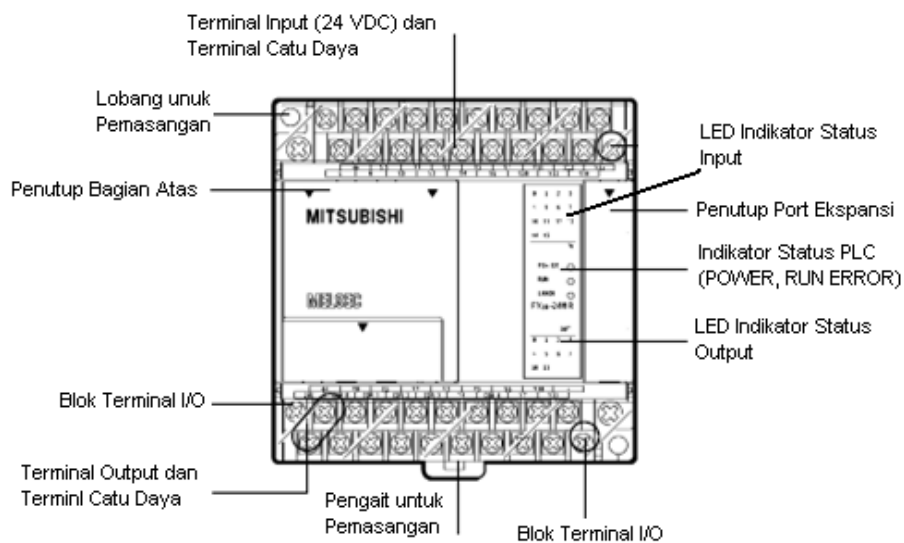
Berikut ini adalah CPU S7-200 jenis kompak yang di dalamnya terdiri dari: mikroprosesor, catu daya, rangkaian input dan rangkaian output.

Gambar 2. 29 Komponen-komponen PLC

2. Komunikasi Multi-Master RS-232/PPI

Gambar 2.30 menunjukkan hubungan kabel multi-master RS-232/PPI S7-200 ke peralatan pemrogram. Adapun cara menghubungkan kabel komunikasi ini, ikuti langkah-langkahberikut ini:

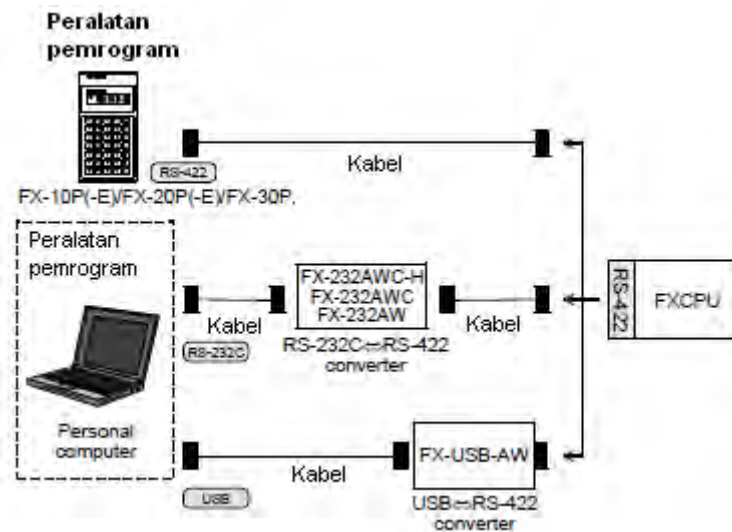
- Hubungkan penghubung RS-232 yang bertanda „PC" dari kabel multi-master RS-232/PPI ke port komunikasi dari peralatan pemrogram.
- Hubungkan penghubung RS-485 yang bertanda „PPI" dari kabel multi-master RS-232/PPI ke port 0 atau port 1 dari S7-200.
- Yakinkan bahwa saklar DIP dari kabel multi-master RS-232/PPI diatur seperti diunjukan pada gambar 2.30.

Gambar 2. 30 Hubungan kabel multi-master RS-232/PPI

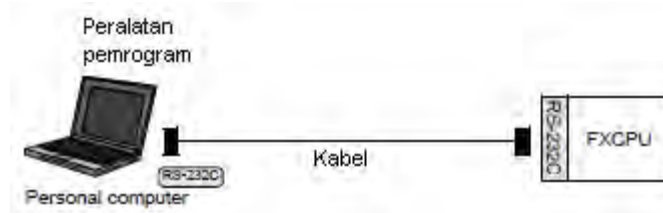
C. Konfigurasi Sistem PLC MITSUBISHI

1. Komponen CPU MELSEC FX1N

Gambar 2. 31 Komponen-komponen PLC

2. Komunikasi PLC FX1N

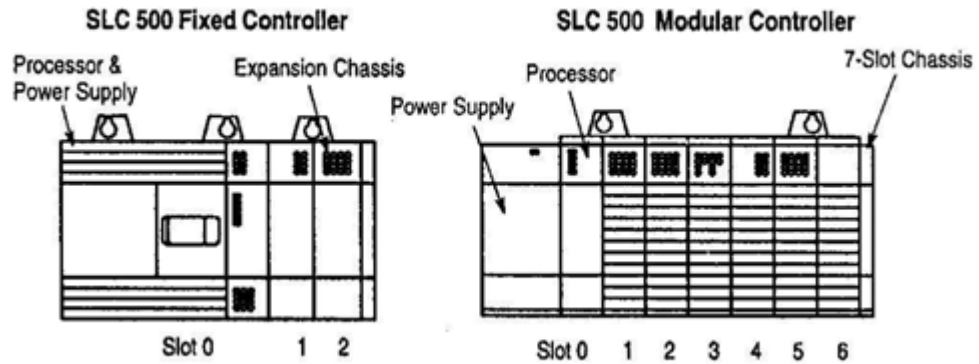
PLC seri FX dapat berkomunikasi dengan peralatan pemrogram melalui beberapa cara, diantaranya:

a. Peralatan komunikasi beropersi berdasarkan RS-422

Gambar 2. 32 Hubungan kabel komunikasi RS-422

b. Peralatan komunikasi beroperasi berdasarkan RS-232C

Gambar 2. 33 Hubungan kabel komunikasi RS-232

D. Konfigurasi Sistem PLC Allen-Breadly

1. Komponen CPU SLC 500

Telah kita ketahui sebelumnya bahwa PLC SLC 500 terdapat dua macam modul yaitu PLC fixed dan modular, gambar. 2.34 di bawah menunjukkancontoh konfigurasi dari kedua macam modul tersebut.

Gambar 2. 34 Konfigurasi PLC SLC 500

Modul PLC jenis fixed merupakan kombinasi dari catu daya, prosesor (CPU), dan I/O dalam satu unit.

Modul PLC jenis modular terdiri dari sebuah catu daya, kerangka, modul prosesor yang dimasukan pada slot 0, dan modul-modul I/O yang lain dimasukan pada slot-slot yang lain pada kerangka.

a. Nomor Slot

Nomor slot diindikasikan seperti gambar. 2.4 di atas. Pada PLC model fixed slot 0 digunakan untuk prosesor dan I/O dalam satu unit, sedangkan slot 1 dan 2 digunakan untuk modul ekspansi yang dipasang pada kerangka ekspansi.

Pada PLC model modular, slot 0 dipakai untuk modul prosesor dan slot-slot yang lain untuk modul-modul I/O.

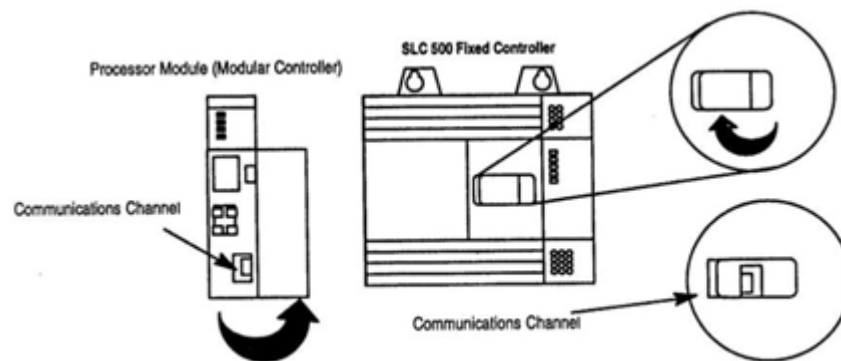
b. Nomor Katalog

Ketika kita mengkonfigurasi PLC terlebih dahulu kita harus menetapkan nomor katalog prosesor, nomor katalog kerangka, dan nomor katalog modul I/O. Nomor-nomor katalog ini tercantum pada komponen-komponen di sini kita tinggal mencocokan dengan daftar yang sudah ada di software, kemudian menetapkanya.

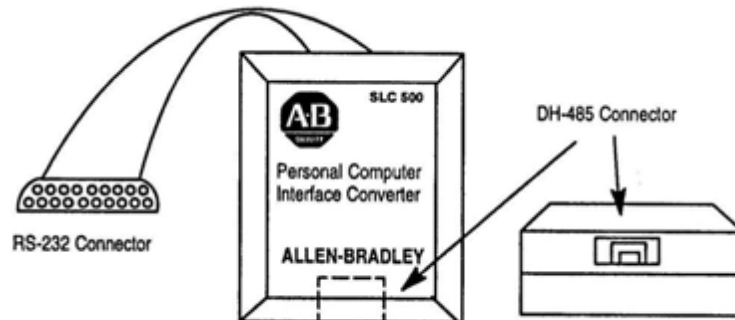
Sebagai catatan bahwa setiap kita membuat program harus konsisten dengan konfigurasi yang telah dibuat sebelumnya. Jika kita menggunakan konfigurasi PLC yang berbeda maka dalam pembuatan program harus menyesuaikan dengan konfigurasi yang baru, karena alamatnya juga tentu sudah berbeda.

2. Komunikasi Online

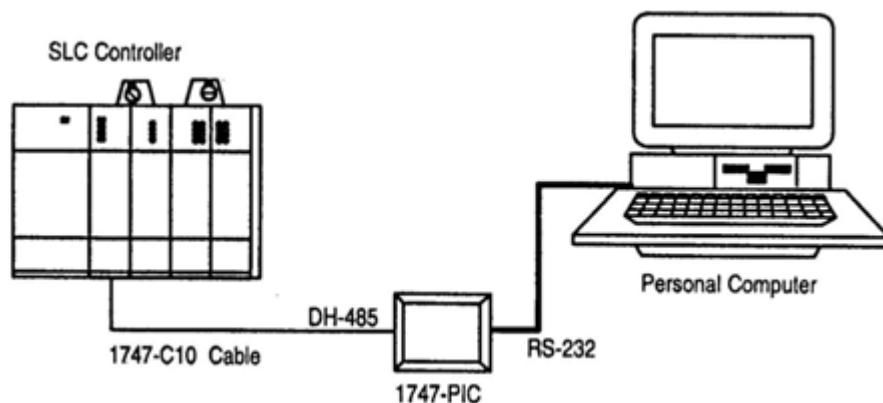
Untuk menghubungkan antara komputer dengan PLC menggunakan kabel komunikasi (1747-C10) dan peralatan interface converter RS-232/DH-485 (1747-PIC).

Lokasi channel komunikasi seperti ditunjukkan pada gambar. 2.35 berikut

Gambar 2. 35 Kanal komunikasi

Untuk melakukan penyambungan dengan cara memasukkan salah satu ujung kabel komunikasi ke dalam port komunikasi PLC, dan ujung yang satu lagi

sambungkan ke konektor DH-485 dari interface converter 1747-PIC. Adapun konektor DH-485 seperti ditunjukkan pada gambar.2.36 berikut ini.

Gambar 2. 36 Interface converter 1747-PIC

Kemudian masukan konektor RS-232 dari interface converter ke port serial komunikasi komputer, jika pada komputer mempunyai port 9 pin, maka anda memerlukan adapter 9 – 25 pin.

Gambar. 2.37 berikut menunjukkanhubungan (komunikasi) antara PLC dengan personal computer.

Gambar 2. 37 Komunikasi PLC dengan PC

E. Spesifikasi Hardware Jenis CPU CPM1A (OMRON)

1. Spesifikasi Umum Dari Unit CPU Jenis CPM1A

Spesifikasi secara umum CPU jenis CPM1A dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 4 Spesifikasi umum CPU

Item		10-point I/O	20-point I/O	30-point I/O	40-point I/O
Supply voltage	AC type	100 to 240 VAC, 50/60 H			
	DC type	24 VDC			
Operating Voltage Range	AC type	85 to 264 VAC			
	DC type	20.4 to 26.4 VDC			
Power Consumption	AC type	30 VA max		60 VA max.	
	DC type	6 W max		20 W max.	
Inrush current		30 A max		60 A max.	
External Power Supply (AC type only)	Power Supply voltage	24 VDC			
	Power supply out put capacity	200 mA		300 mA	
Insulation resistance		20 MΩ min.(at 500 VDC) between the external AC terminals and protective earth terminals.			
Dielectric strength		2,300 VAC 50/60 Hz for 1 min between the external AC and protective earth terminals, leakage current: 10 mA max			
Noise Immunity		1,500 Vp-p, pulse width: 0.1 to 1 µs, rise time: 1 ns (via noise simulation)			
Vibration resistance		10 to 57 Hz, 0.075-mm amplitude, 57 to 150 Hz, acceleration: 9.8 m/s^2 (1G) in X,Y and Z directions for 80 minutes each (1.e. swept for 8 minuts,10 times)			
Shock resistance		147 m/s^2 (20G) three times each in X,Y and Z directions			
Ambient temperature		Operating: 0^0 to 55^0 C Storage: -20^0 to 75^0 C			
Ambient Humidity (operating)		10% to 90% (with no condensation)			
Ambient environment (operating)		With no corrosive gas			
Terminal screw size		M3			
Power supply holding time		AC type: 10 ms min; DC type: 2 ms min (A power interruption occurs if power falls below 85% of the rated voltage for longer than the power interruption time)			
CPU weight	AC type	400 g max.	500 g max.	600 g max.	700 g max.
	DC type	300 g max.	400 g max.	500 g max.	600 g max.

2. Karakteristik CPU-CPM1A

Adapun karakteristik spesifik dari CPU-CPM1A penjelasanya seperti tertulis pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 5 Karakteristik CPU_CPM1A

Item		10 point I/O	20 point I/O	30 point I/O	40 point I/O
Control method		Stored program method			
I/O control method		Combination of the cyclic scan and immediate refresh processing methods			
Programming language		Ladder diagram			
Instruction length		1 step per instruction, 1 to 5 words per instruction			
Types of Instructions		Basic instructions: 14 Special instructions: 77 types 135 instructions			
Executions time		Basic instructions: 0.72 to 16.2 µs Special instructions: 12.375 µs (MOV instruction)			
Program capacity		2,048 words			
Maximum I/O points	CPU only	10 points (6 input/ 4 output)	20 points (12 input / 8 input)	30 points (18 input/12output)	40 points (24 input/16 output)
	With Expansion I/O unit	-----	----	99 points (54 input/36 output)	100 points (60 input/40 output)
Input bits		00000 to 00915 (Words 0 to 9)			
Out bits		01000 to 01915 (words 10 to 19)			
Work bits (IR area)		512 bits: IR 20000 to 23115 (Words IR 200 to IR 231)			
Special bits (SR area)		384 bits: SR 23200 to 25515 (words SR 232 to SR 255)			
Temporary bits (TR area)		8 bits (TR0 to TR7)			
Holding bits (HR area)		320 bits: HR0000 to HR 1915 (words HR 00 to HR 19)			
Auxiliary bits (AR area)		256 bits: AR 0000 to AR 1515 (Words AR 00 to AR 15)			
Link bits (LR area)		256 bits: LR 0000 to LR 1515 (Words LR 00 to LR 15)			
Times/counters		128 times/counters(TIM/CNT 000 to TIM/CNT 127) 100-ms timers: TIM 000 to TIM 127 10-ms timers: TIM 00 to TIM 127 Decrementing counters and reversible counters			
Data memory		Read/write: 1,024 words (DM 0000 to DM 1023) Read-only: 512 words (DM 6144 to DM 6655)			
Interrupt processing		2 points (response time: 0.3 ms max)	4 points (response time: 0.3 ms max)		
Memory protection		HR, AR, Data memory area contents and counter values maintained during power interruptions			

Memory backup	Flash memory: User program, data memory (read only) (Non-battery powered storage) Capacitor backup: Data memory (Read/write), holding bits, auxiliary memory, counter (20 days at ambient temperature of 250 C)
Self-diagnostic functions	CPU failure (watchdog timer), I/O bus errors (continuously checked during operation)
Program check	No END instruction, programming errors (continuously checked during operation)
High-speed counter	1 point: 5 kHz single-phase or 2.5 kHz two-phase (linear count method) Increment mode: 0 to 65,535 (16 bits) Up/Down mode: -32,767 to 32,767 (16 bits)
Quick-response inputs	Together with the external interrupts inputs. (Min. pulse width: 0.2 ms)
Input time constant	Can be set to 1 ms, 2 ms,4 ms, 8 ms,16 ms, 32 ms, 64 ms, or 128 ms.
Analog volume settings	2 controls (0 to 200BCD)

3. Struktur Area Memory CPU-CPM1A

Dalam tabel berikut ini adalah merupakan struktur area memory dari CPU- CPM1A.

Tabel 2. 6 Struktur Area Memori CPU-CPM1A

Data area		Words	Bits	Function
IR area1	Input area	IR 000 to IR 009 (10 words)	IR 00000 to IR 00915 (160 bits)	These bits can be allocated to the external 1/O terminals.
	Output area	IR 010 to IR 019 (10 words)	IR 01000 to IR 01915 (160 bits)	
	Work area	IR 200 to IR 231 (32 words)	IR 20000 to IR 23115 (512 bits)	Work bits can be freely used within the program
SR area		SR 232 to SR 255 (24 words)	SR 23200 to SR 25515 (384 bits)	These bits serve specific functions such as flags and control bits
TR area		---	TR 0 to TR 7 (8 bits)	These bits are used to temporarily store ON/OFF status at program branches.
HR area2		HR 00 to HR 19 (20 words)	HR 0000 to HR 1915 (320 bits)	These bits store data and retain their ON/OFF status when power is turned off
AR area2		AR 00 to AR 15 (16 words)	AR 0000 to AR 1515 (256 bits)	These bits serve specific function such as flags and control bits
LR area1		LR 00 to LR 15 (16 words)	LR 00000 to LR 1515 (256bits)	Used for a 1:1 data link with another PC
Timer/Counter area2		TC 000 to TC 127 (timer/ counter numbers)3		The same numbers are used for both timers and counters
DM area	Read/write2	DM 0000 to DM 0999 DM 1022 to DM 1023 (1,002 words)	------	DM area data can be accessed in word units only. Word values are required when the power is turned off

	Error log4	DM 1000 to DM 1021 (22 words)		Used to store the timer of occurrence and error code of errors that occur. These word can be used as ordinary read/write DM when the error log function isn‟t being used.
	Red – only4	DM 6144 to DM 6599 (456 words)		Cannot be overwritten from program
	PC Setup4	DM 6600 to DM 6655 (56 words)		Used to store various parameters that control PC operation.

Keterangan:

Area IR (Internal Relay)

Bit-bit dalam area IR mulai dari IR00000 sampai IR00915 dialokasikan untuk terminal CPU dan unit I/O. Bit input mulai dari IR00000, dan bit output mulai dari IR01000.

Bit IRwork dapat digunakan secara bebas dalam program .Dan ini hanya digunakan dalam program, IRwork tidak secara langsung dialokasikan untuk terminal I/O eksternal.

SR (Special Relay)

Bit rele spesial ini adalah bit yang digunakan untuk fungsi-fungsi khusus seperti untuk flags(misalnya, dalam opersi penjumlahan terdapat kelebihan digit, maka carry flag akan set “1”), kontrol bit PLC, informasi kondisi PLC, dan sistem clock.

AR (Auxilary Relay)

Bit AR ini adalah bit yang digunakan untuk flag yang berhubungan dengan operasi PLC CPM1A. Bit ini diantaranya digunakan untuk menujukan kondisi PLC yang disebabkan

oleh kegagalan sumber tegangan, kondisi I/O spesial, kondisi unit input/output, kondisi CPU PLC, kondisi memory PLC dsb.

HR (Holding Relay)

Dapat difungsikan untuk menyimpan data (bit-bit penting) karena tidak akan hilang walaupun sumber tengan PLC mati.

LR (Link Relay)

Digunakan untuk link data pada PLC Link System. Artinya untuk tukar-menukar informasi antar dua atau lebih PLC dalam suatu sistem kontrol yang saling berhubungan satu sama lain.

TR (Tempory Relay)

Berfungsi untuk menyimpan sementara kondisi logika progam ladder yang mempunyai titik pencabangan khusus.

TC (Timer/Counter)

Untuk mendifinisikan suatu sistem tunda waktu (Timer), ataupun untuk penghitung (Counter). Untuk timer TIM mempunyai orde waktu 100 ms dan TIMH mempunyai orde waktu 10 ms. TIM 000 s.d. TIM 015 dapat dioperasikan secara interrupt untuk mendapatkan waktu yang lebih presisi.

DM (Data Memory)

Data memory berfungsi untuk penyimpanan data-data program, karena isi DM tidak akan hilang walaupun sumber tengan PLC mati. DM word mulai dari DM0000 sampai DM0999 dan DM1022 dan DM1023 dapat digunakan secara bebas dalam program.

DM word yang dialokasikan untuk fungsi-fungsi khusus, adalah:

DM Read/Write

Pada DM ini data bisa ditulis dan dihapus oleh program yang kita buat.

DM Error Log

Pada DM ini disimpan informasi-informasi penting dalam hal PLC mengalami kegagalan sistem operasionalnya.

DM Read Only

Dalam DM ini data hanya dapat dibaca saja (tidak bisa ditulisi)

DM PC Set Up

Data yang diberikan pada DM ini berfungsi untuk Setup PLC. Pada DM inilah kemampuan kerja PLC didefinisikan untuk pertama kali sebelum PLC tersebut diprogram dan dioperasikan pada suatu sitem kontrol.

F. Spesifikasi Hardware Jenis CPU S7-200 (SIEMENS)

1. Spesifikasi Umum Dari Unit CPU S7-200

   Siemens menyediakan model CPU S7-200 yang berbeda dengan diversitas dan kapabilitas untuk memberikan solusi pada aplikasi yang bervariasi. Tabel 2.7 secara singkat membandingkan beberapa CPU famili CPU S7-200.

Tabel 2. 7 Perbandingan CPU S7-200

Feature	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP CPU 224XPsi	CPU 226
Physical size (mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120.5 x 80 x 62	140 x 80 x 62	190 x 80 x 62
Program memory: with run mode edit without run mode edit	 4096 bytes 4096 bytes	 4096 bytes 4096 bytes	 8192 bytes 12288 bytes	 12288 bytes 16384 bytes	 16384 bytes 24576 bytes
Data memory	2048 bytes	2048 bytes	8192 bytes	10240 bytes	10240 bytes
Memory backup	50 hours typical	50 hours typical	100 hours typical	100 hours typical	100 hours typical
Local on-board I/O Digital Analog	 6 In/4 Out -	 8 In/6 Out -	 14 In/10 Out -	 14 In/10 Out 2 In/1 Out	 24 In/16 Out -
Expansion modules	0 modules	2 modules[1]	7 modules[1]	7 modules[1]	7 modules[1]
High-speed counters Single phase Two phase	 4 at 30 kHz 2 at 20 kHz	 4 at 30 kHz 2 at 20 kHz	 6 at 30 kHz 4 at 20 kHz	 4 at 30 kHz 2 at 200 kHz 3 at 20 kHz 1 at 100 kHz	 6 at 30 kHz 4 at 20 kHz
Pulse outputs (DC)	2 at 20 kHz	2 at 20 kHz	2 at 20 kHz	2 at 100 kHz	2 at 20 kHz
Analog adjustments	1	1	2	2	2
Real-time clock	Cartridge	Cartridge	Built-in	Built-in	Built-in
Communications ports	1 RS-485	1 RS-485	1 RS-485	2 RS-485	2 RS-485
Floating-point math	Yes				
Digital I/O image size	256 (128 in, 128 out)				
Boolean execution speed	0.22 microseconds/instruction				

2. Struktur Area Memory S7-200

Struktur memori dari CPU S7-200, adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 8 Rentang Memori CPU S7-200

Description	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP CPU 224XPsi	CPU 226
User program size with run mode edit without run mode edit	 4096 bytes 4096 bytes	 4096 bytes 4096 bytes	 8192 bytes 12288 bytes	 12288 bytes 16384 bytes	 16384 bytes 24576 bytes
User data size	2048 bytes	2048 bytes	8192 bytes	10240 bytes	10240 bytes
Process-image input register	I0.0 to I15.7	I0.0 to I15.7	I0.0 to I15.7	I0.0 to I15.7	I0.0 to I15.7
Process-image output register	Q0.0 to Q15.7	Q0.0 to Q15.7	Q0.0 to Q15.7	Q0.0 to Q15.7	Q0.0 to Q15.7
Analog inputs (read only)	AIW0 to AIW30	AIW0 to AIW30	AIW0 to AIW62	AIW0 to AIW62	AIW0 to AIW62
Analog outputs (write only)	AQW0 to AQW30	AQW0 to AQW30	AQW0 to AQW62	AQW0 to AQW62	AQW0 to AQW62
Variable memory (V)	VB0 to VB2047	VB0 to VB2047	VB0 to VB8191	VB0 to VB10239	VB0 to VB10239
Local memory (L)[1]	LB0 to LB63	LB0 to LB63	LB0 to LB63	LB0 to LB63	LB0 to LB63
Bit memory (M)	M0.0 to M31.7	M0.0 to M31.7	M0.0 to M31.7	M0.0 to M31.7	M0.0 to M31.7
Special Memory (SM) Read only	SM0.0 to SM179.7 SM0.0 to SM29.7	SM0.0 to SM299.7 SM0.0 to SM29.7	SM0.0 to SM549.7 SM0.0 to SM29.7	SM0.0 to SM549.7 SM0.0 to SM29.7	SM0.0 to SM549.7 SM0.0 to SM29.7
Timers	256 (T0 to T255)	256 (T0 to T255)	256 (T0 to T255)	256 (T0 to T255)	256 (T0 to T255)
Retentive on-delay 1 ms	T0, T64	T0, T64	T0, T64	T0, T64	T0, T64
10 ms	T1 to T4, and T65 to T68	T1 to T4, and T65 to T68	T1 to T4, and T65 to T68	T1 to T4, and T65 to T68	T1 to T4, and T65 to T68
100 ms	T5 to T31, and T69 to T95	T5 to T31, and T69 to T95	T5 to T31, and T69 to T95	T5 to T31, and T69 to T95	T5 to T31, and T69 to T95
On/Off delay 1 ms	T32, T96	T32, T96	T32, T96	T32, T96	T32, T96
10 ms	T33 to T36, and T97 to T100	T33 to T36, and T97 to T100	T33 to T36, and T97 to T100	T33 to T36, and T97 to T100	T33 to T36, and T97 to T100
100 ms	T37 to T63, and T101 to T255	T37 to T63, and T101 to T255	T37 to T63, and T101 to T255	T37 to T63, and T101 to T255	T37 to T63, and T101 to T255
Counters	C0 to C255	C0 to C255	C0 to C255	C0 to C255	C0 to C255
High-speed counters	HC0 to HC5	HC0 to HC5	HC0 to HC5	HC0 to HC5	HC0 to HC5
Sequential control relays (S)	S0.0 to S31.7	S0.0 to S31.7	S0.0 to S31.7	S0.0 to S31.7	S0.0 to S31.7
Accumulator registers	AC0 to AC3	AC0 to AC3	AC0 to AC3	AC0 to AC3	AC0 to AC3
Jumps/Labels	0 to 255	0 to 255	0 to 255	0 to 255	0 to 255
Call/Subroutine	0 to 63	0 to 63	0 to 63	0 to 63	0 to 127
Interrupt routines	0 to 127	0 to 127	0 to 127	0 to 127	0 to 127
Positive/negative transitions	256	256	256	256	256
PID loops	0 to 7	0 to 7	0 to 7	0 to 7	0 to 7
Ports	Port 0	Port 0	Port 0	Port 0, Port 1	Port 0, Port 1

Pengaksesan Data Pada S7-200

S7-200 menyimpan informasi pada lokasi memori yang berbeda dan mempunyai alamat yang unik. Kita dapat secara ekcplisit mengidentifikasi alamat memori yang kita inginkan yang ingin kita akses. Program yang kita buat dapat secara langsung meng-akses ke informasi tersebut. Tabel 2.9 menunjukkanrentang dari nilai interger yang dapat direpresentasikan oleh ukuran data yang berbeda.

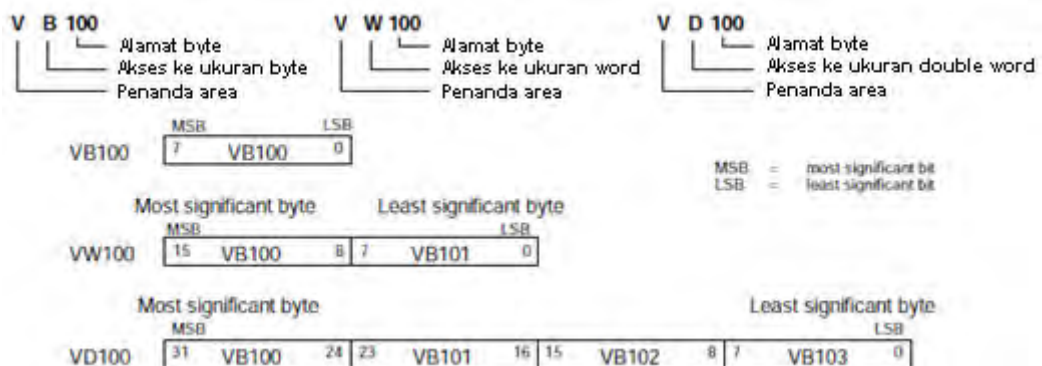
Untuk meng-akses sebuah area memori bit, kita harus menentukan alamat yang mengikutkan penanda area memori, alamat byte dan nomor bit-nya. Gambar 2.38 menunjukkansebuah contoh dari peng-aksesan sebuah bit (yang biasa juga disebut dengan pengalamatan „byte.bit„). Pada contoh ini, area memori dan alamt byte (I = input dan 3 = byte 3) yang diikuti dengan „„ untuk memisahkan alamat bit (bit 4).

Tabel 2. 9 Rentang Desimaldan Hexadesimal untuk Ukuran Data yang Berbeda

Representasi	Byte (B)	Word (W)	Double Word (D)
Unsigned Interger	0 sampai 255 0 sampai FF	0 sampai 65.535 0 sampai FFFF	0 sampai 4.294.967.295 0 sampai FFFF FFFF
Signed Interer	-128 sampai +127 80 sampai 7F	-32.768 sampai +32.767 8000 sampai 7FFF	-2.147.483.648 sampai -2.147.483.647 8000 0000 sampai 7FFF FFFF
Real	-	-	+1,175495E-38 sampai +3,402823E+38 (positif) -1,175495E-38 sampai -3,402823E+38 (negatif)

Gambar 2. 38 Alamat byte, bit.

Kita dapat meng-akses data sebagian besar pada area memori (V, I, Q, M, S, L dan SM) sebagai byte, word atau word ganda. Untuk meng-akses sebuah byte, word atau double word pada memori, kita harus menentukan alamat dengan cara yang mirip dengan ketika kita menentukan alamat untuk bit, yaitu dengan mengikutkan penanda area, ukuran data tujuan dan alamat awal byte, word atau double word seperti ditunjukkan pada gambar 2.39.

Data yang berada di area memori yang lain (seperti T, C, HC dan akumulator) diakses dengan menggunakan format alamat yang memasukkan penanda dan nomor peralatan.

Gambar 2. 39 Membandingkan akses Byte, Word dan Double-Word ke alamat yang sama

Pengaksesan Data dalam Area Memori

Register Input Process-Image: I

S7-200 mengambil status input fisik pada awal setiap siklus scan dan menuliskan nilainya ke register input. Kita dapat meng-akses register input ini dalam format bit, byte, word atau double word.

Bit:	I[alamat byte].[alamat bit]	I1.1
Byte, Word atau Double Word	I[ukuran].[alamat byte mulai]	IB5

Register Output Process-Image: Q

Pada akhir dari silus scan S7-200 menyalin nilai yang tersimpan di register output ke output fisik Kita dapat meng-akses register input ini dalam format bit, byte, word atau double word.

Bit:	Q[alamat byte].[alamat bit]	Q1.1
Byte, Word atau Double Word	Q[ukuran].[alamat byte mulai]	QB5

Area Memori Variabel: V

Kita dapat menggunakan memori V untuk menyimpan hasil dari operasi yang akan ditampilkan logika kontrol dalam program. Kita dapat meng-akses area memori V dalam format bit, byte, word atau double word:

Bit:	V[alamat byte].[alamat bit]	V10.2
Byte, Word atau Double Word	V[ukuran].[alamat byte mulai]	VW100

Area memori Bit: M

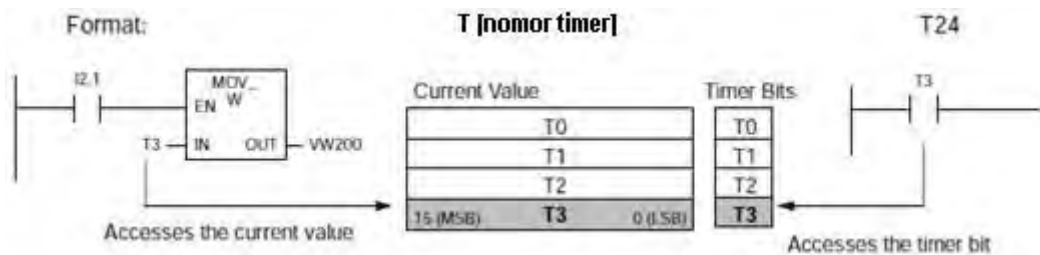
Kita dapat menggunakan area memori bit (memori M) sebagai rele kontrol untuk menyimpan status sebuah operasi atau informasi kontrol yang lain. Kita dapat meng-akses area memori bit, byte, word atau double word.

Bit:	Q[alamat byte].[alamat bit]	M26.7
Byte, Word atau Double Word	Q[ukuran].[alamat byte mulai]	MD20

Area Memori Timer: T

S7-200 menyediakan timer yang menghitung pertambahan waktu sesuai resolusinya (1 mdetik, 10 mdetik atau 100 mdetik). Terdapat dua buah variable yang terkait dengan timer:

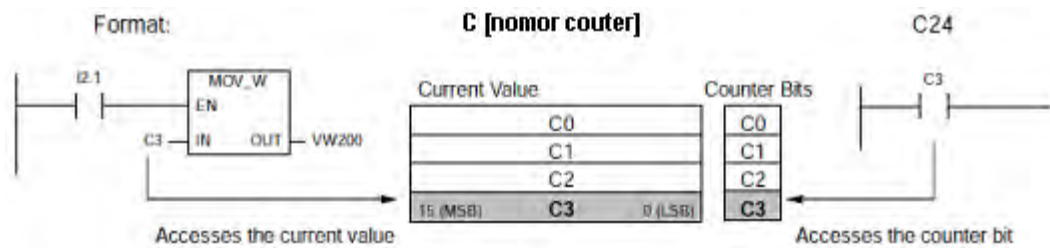
Nilai saat ini (current value): menyimpan sign integer 16-bit dari jumlah waktu yang dihitung oleh timer.

Bit timer: bit ini diatur atau di bersihkan sebagai sebuah hasil dari perbandingan nilai saat ini dan nilai presetnya. Nilai preset dimasukan sebagai bagian dari instruksi timer. Kita meng-akses kedua dari variabel ini dengan menggunakan alamat timer (T + nomor timer). Akses ke bit timer atau nilai saat ini tergantung pada instruksi yang digunakan: instruksi dengan bit operand meng-akses bit timer, sementara instruksi dengan word operand meng-akses nilai saat ini. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.40 instruksi kontak NO meng-akses bit timer, sementara instruksi move word meng-akses nilai saat ini dari timer.

Gambar 2. 40 Pengaksesan Bit Timer atau nilai saat ini (current value) dari Timer

Area Memori Counter: C

S7-200 menyediakan tiga jenis counter yang menghitung setiap transisi dari low ke high pada input counter, yaitu: menghitung maju (count-up), menghitung mundur (count down) dan menghitung keduanya: maju dan mundur (up and down):

Nilai saat ini (current value): menyimpan sign integer 16-bit dari jumlah akumulasi hitungan.

Bit counter: bit ini diatur atau di bersihkan sebagai sebuah hasil dari perbandingan nilai saat ini dan nilai presetnya. Nilai preset dimasukkan sebagai bagian dari instruksi counter.

Gambar 2. 41 Pengaksesan Bit Conter atau nilai saat ini (current value) dari Counter.

G. Spesifikasi Hardware Jenis CPU FX1N (MITSUBISHI)

1. Spesifikasi Umum Dari Unit CPU Jenis FX1N (Mitsubishi)

   Model PLC Mitsubishi ini adalah model yang lebih mau dari model-model sebelumnya. PLC ini menyediakan jumlah I/O yang mirip dengan jenis PLC FX0N, tetapi mempunyai kemampuan yang lebih tinggi. PLC ini mempunyai jumlah peralatan internal yang lebih banyak (rele M jumlahnya 1536 dan counter jumlahnya 235), dan mempunyai kemampuan kontrol untuk mengontrol gerakan. Tidak seperti FX0N, FX1N mempunyai sejumlah board pilihan yang dapat ditambahkan untuk menyediakan port tambahan yang memungkinkan juga dapat disambungkan ke modul komunikasi FX0N. CPU PLC ini mempunyai kemampuan bus yang dapat diperluas, tetapi terbatas pada dua modul ekspansi. Modul ekspansi yang terhubung dengan CPU dapat berupa modul ekspansi I/O diskret atau modul fungsi khusus.

Tabel 2. 10 Spesifikasi Hardware FX1N

Specifications		FX1N-14 MR-DS	FX1N-14 MR-ES/UL	FX1N-14 MT-ESS/UL	FX1N-14 MT-DSS	FX1N-24 MR-DS	FX1N-24 MR-ES/UL	FX1N-24 MT-ESS/UL	FX1N-24 MT-DSS	FX1N-24MT
Stocked Item		S	S	S	S	S	S	S	S	S
Rating		UL • cUL • CE								UL • cUL
Max. Number of Inputs / Outputs		14	14	14	14	24	24	24	24	24
Power Supply	AC Range (+10%, -15%)	—	100–240VAC	100–240VAC	—	—	100–240VAC	100–240VAC	—	100–240VAC
	Frequency at AC Hz	—	50/60	50/60	—	—	50/60	50/60	—	50/60
	DC Range (+10%, -15%)	12–24VDC	—	—	12–24VDC	12–24VDC	—	—	12–24VDC	—
Max. Apparent Input Power		13 W	29 W	29 W	13 W	15 W	30 W	30 W	15 W	30 W
Inrush Current at ON	100VAC (ms)	—	30A (5ms)	30A (5ms)	—	—	30A (5ms)	30A (5ms)	—	30A (5ms)
	200VAC (ms)	—	50A (5ms)	50A (5ms)	—	—	50A (5ms)	50A (5ms)	—	50A (5ms)
	24VDC (ms)	—	—	—	—	25A (1ms)	—	—	25A (1ms)	—
Allowable Momentary Power Failure Time (ms)		5	10	10	5	5	10	10	5	10
External Service Power Supply (24VDC) mA		—	400	400	—	—	400	400	—	400
Integrated Inputs*		8 (24VDC)	8 (24VDC)	8 (24VDC)	8 (24VDC)	14 (24VDC)	14 (24VDC)	14 (24VDC)	14 (24VDC)	14 (24VDC)
Min. Current for Logical 1 (mA)		> 4.5 / 3.5								
Max. Current for Logical 0 (mA)		< 1.5								
Response Time		For all base units of the FX1N series: 10 ms (at time of shipping), adjustable from 0 to 15 ms in steps of 1 ms								
Integrated Outputs		6	6	6	6	10	10	10	10	10
Output Type		Relay	Relay	Source Trans.	Source Trans.	Relay	Relay	Source Trans.	Source Trans.	Sink Trans.
Switching Voltage (Max.) V		For relay version: < 240VAC, < 30VDC: for transistor version: 5 – 30VDC								
Max. Output Current	Per Output (A)	2	2	0.5	0.5	2	2	0.5	0.5	0.5
	Per 4 Outputs (A)	8	8	0.8	0.8	8	8	0.8	0.8	0.8
Max Switching Load	Inductive Load	80 VA	80 VA	12W	12 W	80 VA	80 VA	12W	12W	12W
	Lamp Load (W)	100	100	1.5	1.5	100	100	1.5	1.5	1.5
Response Time (ms)		10	10	<0.2	<0.2	10	10	<0.2	<0.2	<0.2
Life of Relay Contacts (Number of Cycles)		For all base units of the FX1N series: 3,000,000 at 20 VA; 1,000,000 at 35 VA; 200,000 at 80 VA								
Weight (kg)		0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.6	0.6	0.45	0.45
Dimensions (W x H x D) mm		90 x 90 x 75	90 x 90 x 75	90 x 90 x 75	90 x 90 x 75	90 x 90 x 75	90 x 90 x 75	90 x 90 x 75	90 x 90 x 75	90 x 90 x 75
Required Manuals		FX Series Programming Manual II, JY992D88101								

2. Struktur Area Memory CPU Seri FX

   Struktur memori dari CPU seri FX, adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 11 Struktur Memori

Device	Bit Address	Word Address	32bits	Notes
Input Relay	X000 - X337	X000 - X320	L H	8 *1 *2
Output Relay	Y000 - Y337	Y000 - Y320		8 *2
Internal Relay	M0000 - M1535	M0000 - M1520		16
Special Auxiliary Relay	M8000 - M8255	M8000 - M8240		16 *3
State	S0000 - S0999	S0000 - S0992		16
Timer (Contact)	TS000 - TS245	------		
Counter (Contact)	CS000 - CS255	------		
Timer (Current Value)	------	TN000 - TN255		
Counter (Current Value)	------	CN000 - CN199		
Counter (Current Value)	------	CN200 - CN255		*4
Data Register	------	D0000 - D2999		F *5
Special Data Register	------	D8000 - D8255		F *3

Untuk menulis program PLC maka harus familier dengan peralatan (device) yang digunakan dalam instruksi.

Sebuah pertanyaan umum ketika kita mendiskusikan peralatan sistem adalah jumlah dari setiap peralatan yang dapat digunakan. Nilai ini tergantung pada jenis CPU-nya dan informasi ini dapat diperoleh pada buku manual pengguna mengenai model CPU dari PLC tersebut.

X- Input fisik
Y-Output fisik

M-Rele Bantu
Rele M adalah peralatan bit internal, bit ini dapat digunakan untuk fungsi apa saja yang diperlukan. Ketika kumparan peralatan M aktif (energized) maka semua kontak yang terkait dengan peralatan M akan aktif juga.

Dalam GX-Developer, adalah memungkinkan untuk mengkonfigurasi bit M agar tetap pada keadaan saat ini (ON atau OFF) ketika suplai daya PLC terhenti.

S-Rele Keadaan
Rele S adalah peralatan bit internal. Rele S ini digunakan dalam pemrograman STL untuk mengindikasikan step atau bagian dari kode logika ladder yang aktif. Jika pemrograman STL tidak digunakan, bit ini dapat dipakai pada hal yang sama seperti bit M.

Jika pemrograman STL dipakai dalam kaitannya dengan instruksi IST (Initial State) menyebabkan rele mempunyai operasi khusus.

T-Timer
T adalah peralatan timer yang secara otomatis waktunya akan bertambah 100 mdetik, 10 mdetik atau 1 mdetik tergantung pada alamat timernya. Kebanyakan timer tergantung pada alamatnya dan bukan retentive, yang berarti tidak mempertahan nilai saat ini jika kondisi inputnya berhenti. Pada PLC jenis FX, FX2N dan FX2NC timer dengan alamat T246 keatas adalah rententive. Ini berarti bahwa timer mempertahankan nilainya sampai timer tersebut reset kembali. Timer

retentive mempunyai dasar waktu 100 mdetik atau 1 mdetik tergantung pada alamatnya.

Jika timer mencapai nilai preset-nya kumparan timer T akan aktif dan kontak yang terkait dengan peralatan T juga akan aktif. Semua timer adalah 16 bit yaitu maksimum presetnya adalah +32767.

C-Counter

Counter C adalah peralatan counter. Standar dari semua counter adalah retentive, yaitu mempertahankan nilai hitungannya sampai counter tersebut reset. Ketika counter mencapai nilai preset-nya kumparan counter C akan aktif dan kontak yang terkait dengan counter C akan aktif juga. Counter dapat 16 atau 32 bit, yang berarti maksimum rentang hitungannya adalah -32768 sampai +32767 (16 bit) atau – 2.147.483.648 sampai +2.147.483.647 (32 bit).

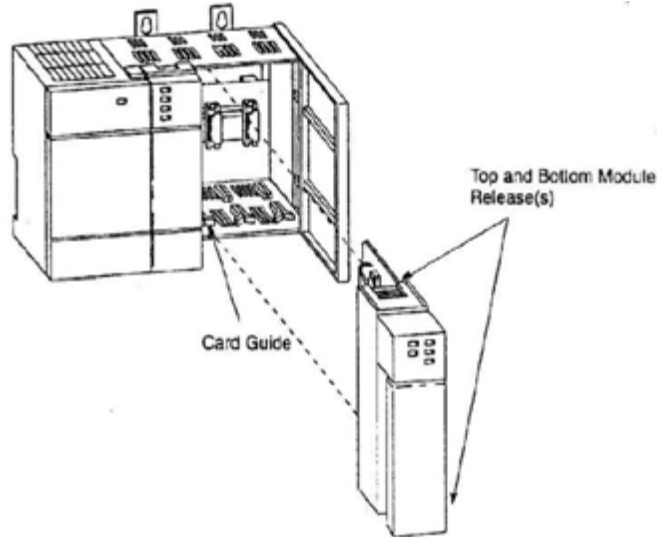
Terdapat tiga jenis counter: 16 bit up counter, 32 bit up/down counter dan 32 bit counter kecepatan tinggi. Pada counter kecepatan tinggi mempunyai tiga kategori, yaitu, 1 fasa, 2 fasa dan fasa A/B.

D-Data Register

D adalah data register yang dapat digunakan untuk keperluan apa saja. Semua register data adalah 16 bit, yang berarti batas dari data numerik adala dari 32768 sampai 32767. Dalam ladder kita dapat menampilkan operasi 32 bit, dalam kasus ini 2 regiser data D secara berurutan digunakan secara bersama-sama dan nilai numerik maksimumnya dapat menjadi 2.147.483.647 sampai -2.147.483.648.

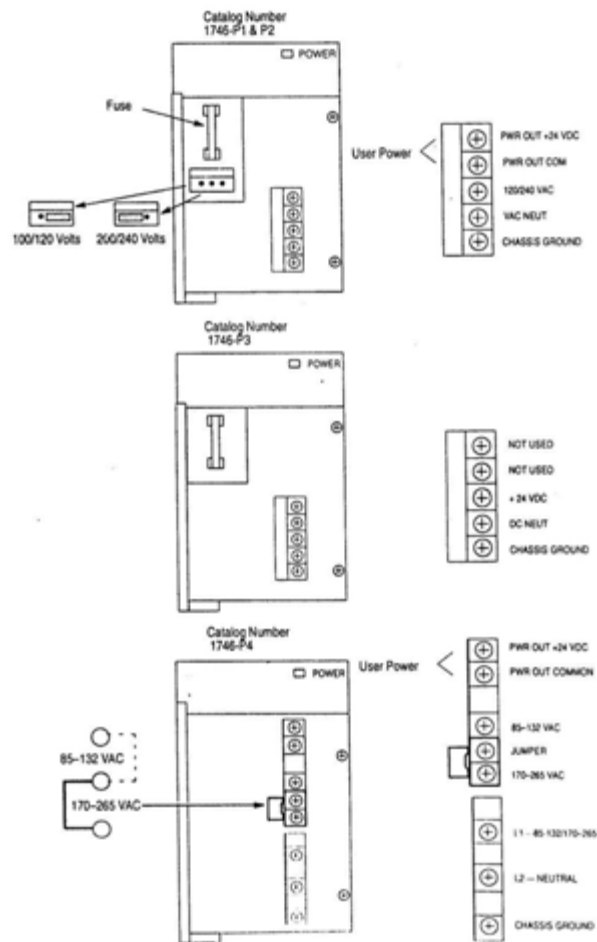
H. Spesifikasi Hardware Jenis CPU SLC 5/03 (ALLEN BRADLEY)

1. Spesifikasi PLC Allen Bradley Jenis SLC 5/03

PLC Allen Bradley jenis SLC 5/03 mempunyai dua model, yaitu, model modular dan Fixed (kompak). Seperti ditunjukkan pada gambar. 2.42 adalah gambar PLC tipe modular. Untuk jenis modular terdiri dari rak (chasis), catu daya, prosesor (CPU), dan modul I/O. Adapun jenis Kompak terdiri dari catu daya, prosesor, dan I/O yang terpasang tetap , yang kesemuanya dikemas dalam satu unit.

Gambar 2. 42 PLC jenis modular

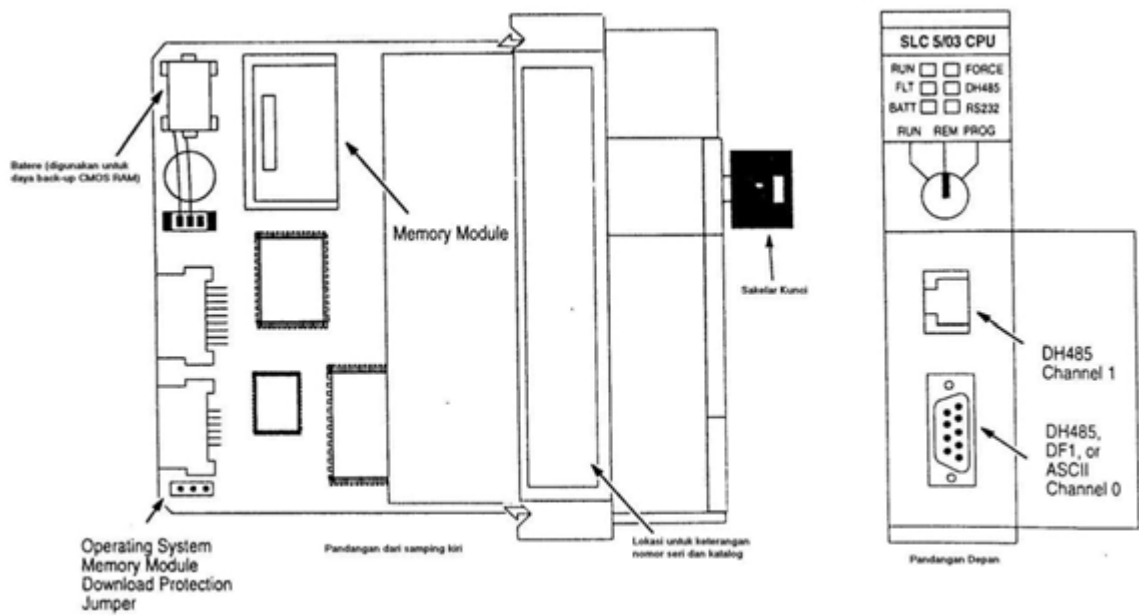
a. Catu Daya

Apabila kita mengkonfigurasi PLC jenis modular, maka harus ada catu daya pada setiap rak-nya. Pembebanan yang berlebihan pada catau daya akan mengakibatkan cepat rusak. Untuk itu dalam memilih catu daya (power supply) harus hati-hati, yaitu dengan cara menghitung kebutuhan daya yang diperlukan sesuai dengan konfigurasi hardwarenya.

Terdapat tiga macam tegangan masukan yang dapat dihubungkan ke catu daya. Untuk tegangan masukan 120/240 V AC dapat dipilih dengan menggunakan jumper (tempatkan jumper pada tempat yang sesuai dengan besarnya tegangan input). Sedangkan untuk tegangan DC, tegangan masukananya adalah 24 Volt DC. Untuk lebih jelasnya perhatikan spesifikasi dari catu daya yang digunakan pada PLC SLC 500 jenis modular pada gambar. 2.9 berikut ini.

Gambar 2. 43 Catu daya PLC

b. Prosesor (CPU) SLC 5/03

Prosesor seperti telah dijelaskan sebelumnya, yaitu berfungsi untuk mengontrol dan mengsupervisi semua operasi di dalam PLC. Sebuah komunikasi internal berupa Internal Bus membawa informasi dari dan ke prosesor, memori dan unit I/O keduanya di bawah kontrol CPU.

Gambar. 2.10 berikut ini menunjukkan beberapa komponen yang terdapat pada CPU SLC 5/03.

Gambar 2. 44 Komponen CPU SLC 6/03

Tabel berikut ini memberikan penjelasan secara umum setiap status dari LED yang terdapat pada PLC SLC5/03.

Tabel 2. 12 Status indicator LED

Processor LED	When It Is	Indicates That
RUN (Color: green)	On (Steadily)	The processor is in the Run Mode
	Flashing (during Operation)	The Processor is Transferring a program from RAM to the memory Module

	Off	The processor is in a mode other than Run
FLT (Color: red)	Flashing (at power up)	The processor has not been configured
	Flashing (during Operation	The processor detects a major error either in the processor, expansion chassis or memory
	On (steadily)	A fatal error is present (no communication).
	Off	There are no errors
BATT (Color: red)	On (steadily)	The battery voltage has fallen below a threshold level, or the battery or the battery jumper is missing or not connected
	Off	The battery is functional The battery jumper is present
FORCE (Color: amber)	Flashing	One or more input or output addresses have been forced to an On or off state but the forces have not been enabled
	On (steadily)	The forces have been enabled
	Off	No forces are present or enabled
DH485 (Color: green)	On (steadily)	The communications Active Bit (S: 1/7) is set in the System Status file and processor is actively communicating on the network.
	Flashing	There are no other active nodes on the network.
	Off	A fatal error is present (no communications)
RS232 (Color: green)	On (flashing) DF 1 Mode	The SLC 5/03 is transmitting on the network
	Off DF1 Mode	The SLC 5/03 processor is not transmitting on the network

	On (steadily) DH 485 Mode	The Communication Active Bit (S:1/7) is set in the System Status file and the processor is actively communicating on the network
	Flashing DH485 Mode	The processor is trying to establish communications on the network.
	Off DH485 Mode	A fatal error is present (no communications).

Prosesor SLC 5/03 mempunyai sakelar kunci yang terdapat pada bagian panel depan yang memungkinkan kita untuk dapat memilih salah satu dari tiga pilihan (mode), yaitu: Run, Program, dan Remote.

Posisi RUN

Pada posisi ini prosesor mengeksekusi program ladder, memonitor peralatan Input, membekerjakan peralatan output, dan dapat pula melakukan forced pada I/O. Disini kita dapat merubah mode prosesor dengan cara mengubah posisi sakelar kunci ke posisi RUN. Pada mode ini kita tidak dapat melakukan edit terhadap program.

Posisi PROG

Pada posisi ini prosesor tidak mengeksekusi program ladder, dan output PLC tidak kerja. Pada posisi ini kita dapat meng-edit program. Untuk mengubah mode prosesor ke posisi PROG, yaitu dengan cara mengubah posisi dari REM atau RUN ke posisi PROG. Apabila posisi sakelar kunci pada posisi PROG, kita tidak dapat mengubah mode dari prosesor melalui alat pemrogram.

Posisi REM

Pada posisi REM ini kita dapat mengubah posisi mode prosesor dari atau melalui alat pemrogram dan dapat pula melakukan edit program ladder sementara antar PLC dengan peralatan pemrogram dalam kondisi online.Untuk mengubah mode

prosesor ke posisi REM, yaitu dengan cara mengubah posisi sakelar kunci dari posisi RUN atau PROG ke posisi REM.

2. Konsep File SLC 500

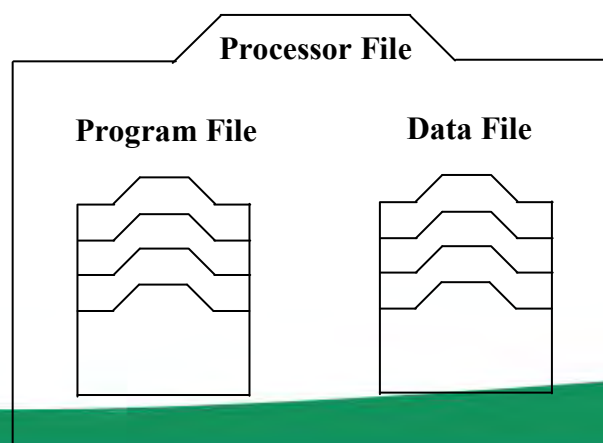
CPU atau prosesor adalah merupakan otak dari PLC, sebagai bagian dari sistem kontrol prosesor ini haruslah diberi masukan terlebih dahulu, yaitu berupa program kontrol agar dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

Program yang telah dibuat dan disimpan dalam suatu file yang disebut dengan file prosesor. Di dalam file prosesor ini terdapat file-file yang dikelompokan menjadi dua, yaitu :

File program, yaitu merupakan file tempat penyimpanan dan kontrol dari program utama atau subroutine.

File data, yaitu merupakan file tempat menyimpan status data dari input, output, prosesor, timer, counter, dan sebagainya.

File Prosesor

Setiap CPU dapat mengakses hanya 1 (satu) file prosesor dalam satu kesempatan. File prosesor ini dibuat dari beberapa file program (sampai 256 buah file tiap CPU) dan file data (sampai 256 buah file tiap CPU).

Gambar 2. 45 Processor File

File Program

File program ini berisikan sistem informasi PLC, program kontrol utama, dan program subroutine. Di dalam file program ini terdapat file-file yang secra garis besar dapat dikelompokandalam empat kelompok, yaitu:

File 0 - Sistem Program

File ini digunakan untuk menyimpan konfigurasi PLC dan sistem informasi yang lain.

File 1 -

File ini dicadangkan untuk penggunaan internal PLC.

File 2 - Program Ladder Utama

File ini digunakan untuk menyimpan program kontrol utama.

File 3 – 255 - Program Ladder Subroutine

File adalah merupakan file pilihan dan digunakan untuk program-program subroutine.

Kebanyakan kita bekerja dengan file program yang terdapat di file 2, yaitu file program utama. File ini berisikan program ladder yang dibuat untuk mengontrol sesuatu dalam aplikasi.

File Data

File data berisikan data yang satu sama lain saling terkait denga file program, setiap file prosesor dapat berisi sampai dengan 256 file data. File-file data ini diorganisasi dan dipilah-pilahkan berdasarkan jenis data yang ada di file tersebut, setiap data dalam file-file ini mempunyai alamat (address) yang saling berhubungan satu sama lain, file data yang sudah teridentifikasi ini nantinya digunakan dalam file program. Sebagai contoh sebuah input mempunyai sebuah alamat yang menunjukkanlokasi dalam file data input. Demikian juga sebuah timer yang ada di dalam file data timer mempunyai sebuah alamat yang saling berhubungan dengan file program yang memungkinkan untuk dapat menunjukkandata dalam file program.

Setiap file prosesor data berisi 256 file data, yang mana file dengan nomor 0 sampai 8 merupakan default file. Untuk lebih jelasnya perhatikan penjelasan berikut ini.

File 0 - Output Data

File ini digunakan untuk menyimpan status data dari terminal output PLC.

File 1 - Input Data

File ini digunakan untuk menyimpan status data dari terminal input PLC.

File 2 - Status data

File ini digunakan untuk menyimpan informasi dari operasi PLC.

File 3 – 7

File-file ini adalah merupakan file yang telah ditetapkan untuk atau sebagai Bit, Timer, Counter, Control, dan penyimpanan data Integer.

File 8

File ini digunakan prosesor untuk menyimpan data bilangan pecahan (floating).

File 9 – 259

File ini dapat diterapkan oleh pengguna sebagai bit, counter, timer, control, integer, float, string dan penyimpanan data ASCII.

Kebanyakan kita bekerja dengan file data dalam file 0 – 1, yaitu file input dan file output.

Tugas:

1. Identifikasilah sistem konfigurasi PLC nama dagang tertentu selain dari nama dagang yang dibahas pada kegiatan belajar 2 yang digali dari beberapa sumber.

Rangkuman

Merek dan jenis yang ada di pasar banyak sekali, untuk itu kita dengan cermat mengidentifikasi hardware PLC terutama yang berkaitan dengan konfiguarsi sistem serta

spesifikasi teknis dari PLC tersebut. Ini dimaksudkan agar kita tidak mengalami kesalahan dalam memilih atau menetapkan sesuai kebutuhan serta tidak salah dalam penanganannya.

Kegiatan Belajar 3

Sistem Memory dan Interaksi I/O

Kompetensi Dasar

1. Mendeskripsikan Area Memory PLC dan pengalamatan I/O
2. Menggunakan Area Memory dan Pengalamatan I/O pada pemrograman PLC

Informasi

Pada kegiatan belajar 2 ini Anda akan belajar tentang sistem memori PLC dan antarmuka I/O. Pengetahuan ini akan sangat bermanfaat dan menunjang dalam memahami tentang bagaimana mengorganisasi memori dan interaksi I/O dengan peralatan eksternal PLC.

Tujuan

Setelah mempelajari unit ini diharapkan siswa dapat:

1. Menjelaskan jenis-jenis memori yang digunakan dalam sistem PLC.
2. Menjelaskan organisasi memori PLC.
3. Mengkonfigurasi memori PLC untuk pengalamatan I/O.

Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari unit ini anda harus terlebih dahulu memiliki pengetahuan tentang:

1. Dasar-dasar elektronika dan digital.

Persyaratan Lulus

Untuk dapat lulus dari unit ini anda harus telah mengerjakan seluruh latihan dengan benar, dan telah pula mengerjakan test dengan skor minimum 70.

Uraian Materi Pembelajaran 3

Mengerti sistem memori PLC akan membantu dalam memahami bagaimana PLC beroperasi dan bagaimana berinteraksi dengan antarmuka I/O. Pada kegiatan belajar ini akan mendiskusikan perbedaan jenis memori termasuk struktur dan kemampuanya. Kemudian juga akan mempelajari hubungan antar organisasi memori dan interaksi I/O. dan akhirnya akan dijelaskan bagaimana mengkonfigurasi memori PLC untuk pengalamatan I/O.

A. Memori

Karakterisik yang paling penting dari PLC adalah kemampuan pengguna untuk mengubah program kontrol secara cepat dan mudah. Sistem memori adalah area dalam CPU PLC dimana semua urutan instruksi atau program disimpan dan dieksekusi oleh prosesor. Bagian memori yang berisi program kontrol dapat diubah atau diprogram yang disesuaikan dengan keperluan aplikasi kontrol.

1. Bagian Memori

Total sitem memori PLC terdiri dari dua bagian memori yang berbeda (lihat gambar 2.46):

- Memori eksekutif.
- Memori aplikasi.

Area Memori Eksekutif

Area Memori Aplikasi

Gambar 2. 46 Diagram blok yang disederhanakan dari system memori PLC.

Memori eksekutif adalah sebuah tempat penyimpanan program secara permanen yang dianggap sebagai sebuah bagian dari PLC itu sendiri. Program yang tersimpan pada memori ekseutif ini mengatur seluruh aktifitas sistem seperti eksekusi program kontrol dan komunikasi dengan peralatan peripheral. Bagian eksekutif adalah bagian dari memori PLC dimana software instruksi disimpan (instruksi rele, fungsi transfer blok, instruksi matematika, dan lain-lain). Area memori ini tidak dapat diakses oleh pengguna. Memori aplikasi adalah tempat penyimpanan instruksi program yang dibuat oleh pengguna yang berbentuk program aplikasi. Area memori aplikasi terdiri dari beberapa area, setiap bagian mempunyai fungsi dan penggunaan khusus.

2. Jenis-jenis Memori

Persyaratan penyimpanan dan perolehan kembali untuk memori eksekutif dan aplikasi adalah tidak sama, oleh karena itu mereka tidak selalu disimpan pada jenis memori yang sama. Sebagai contoh eksekutif memerlukan sebuah memori yang digunakan sebagai penyimpan data secara tetap dan tidak dapat dihapus. Jenis memori ini tidak cocok untuk program aplikasi.

Memori dapat dipisahkan kedalam dua kategori: volatile dan nonvolatile.

Memori volatile, akan kehilangan isi programnya jika catu daya dilepas, memori jenis ini mudah diubah isi programnya dan cocok untuk program aplikasi jika ada backup baterenya atau backup media penyimpan program lainnya.

Memori nonvolatile, tetap mempertahankan isi programnya meskipun catu daya dimatikan dan tidak memerlukan backup batere. Memori nonvolatile umumnya tidak dapat diubah isi programnya. PLC sekarang menggunakan dua jenis memori tersebut dan untuk jenis volatile dilengkapi dengan backup batere.

Terdapat dua hal yang harus diperhatikan yang berkaitan dengan pengunaan jenis memori dimana program akan disimpan. Oleh karena memori ini bertanggungjawab untuk mempertahankan program kontrol yang akan dijalankan

setiap saat, volatilitas harus diutamakan, tanpa program aplikasi, produksi mungkin akan tertunda. Hal lain yang harus diperhatikan adalah program yang tersimpan dalam memori harus mudah diubah-ubah. Mudah dalam pengubahan program aplikasi adalah hal yang penting, oleh karena memori terlibat dalam setiap interaksi antara pengguna dan pengontrol. Interaksi ini mulai dari memasukkan program dan berlanjut dengan perubahan program yang dibuat selama pembangkitan program dan sistem ketika awal mulai dijalankan.

Diskusi berikut ini menggambarkan enam jenis memori dan bagaimana pengaruh karakteristik mereka yang mana instruksi yang diprogramkan dipertahankan atau diubah dalam PLC.

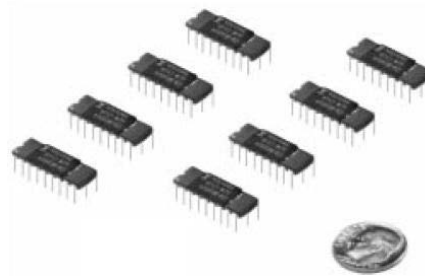
a. ROM (Read Only Memory)

ROM didisain untuk penyimpanan program secara permanen dan tidak diubah. Nama ROM ini diberikan dari kenyataan bahwa isinya dapat dibaca, namun tidak dapat diubah sekali informasi telah disimpan. Ini kontras dengan jenis memori yang dapat dibaca dan ditulis. Secara alamiah ROM umumnya kebal dari pengubahan yang disebabkan oleh derau listrik atau kehilangan daya listrik, program eksekutif sering disimpan dalam ROM ini.

PLC jarang menggunakan ROM untuk menyimpan program aplikasi. Namun demikian dalam aplikasi yang memerlukan data tetap lebih menguntungkan apabila faktor kecepatan, biaya dan keandalan yang menjadi faktor pertimbangan. Umumnya pabrik membuat ROM yang berisi program PLC dibuat di pabrik. Sekali pabrik pembuat memrogram set instruksi, pengguna sudah tidak dapat lagi mengubahnya. Pendekatan pemrograman ROM berbasis PLC menganggap bahwa program telah diuji dan tidak akan lagi diubah. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan RAM berbasis PLC atau komputer. Program akhir kemudian dimasukan ke dalam ROM. Aplikasi ROM pada PLC hanya sedikit.

b. **RAM (Random Access Memory)**

RAM (Random Access Memory), sering mengacu pada kata *read/write memory (R/W)*, ini didisain agar informasi dapat ditulis atau dibaca dari area penyimpanan memori. RAM tidak mempertahankan isinya jika daya hilang, oleh karena itu ini adalah jenis memori *volatile*. RAM umumnya menggunakan batere buckup untuk mempertahankan isinya dalam keadaan tidak ada daya.

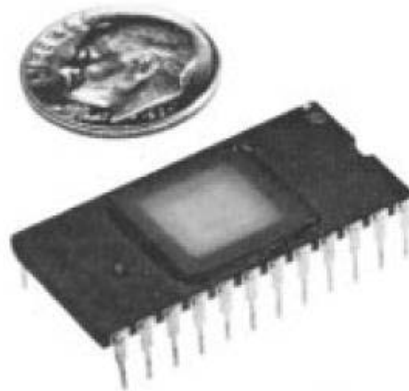
Sekarang PLC menggunakan RAM yang dilengkapi dengan batere untuk memori aplikasi. RAM mempunyai keunggulan dalam hal mudah membuat dan mengubah program. Sebagai perbandingan dengan jenis memori lain RAM relative cepat. Hanya kerugiannya adalah RAM memerlukan batere dan dengan adanya batere ini sering terjadi kesalahan. Batere yang digunakan di RAM harus benar-benar terbukti sesuai untuk kebanyakan aplikasi PLC. Jika batere buck-up tidak memungkinkan, opsi PLC dengan menggunakan EPROM dapat digunakan dalam suatu kombinasi dengan RAM. Susunan memori semacam ini memberikan keuntungan karena pada sistem terpasang memori *volatile* dan *nonvolatile.* Gambar 2.47 menunjukkan sebuah chip dari RAM.

Gambar 2. 47 Memori RAM

c. PROM (Programmable Read Only Memori)

PROM (Programmable Read Only Memori) adalah jenis spesial dari ROM karena ini dapat diprogram. Sangat sedikit sekarang PLC menggunakan PROM untuk memori aplikasi. Jika digunakan, jenis ini kebanyakan digunakan untuk penyimpanan permanen program aplikasi sebagai backup RAM. Meskipun PROM dapat diprogram ulang dan seperti ROM lainnya adalah mempunyai

keuntungan nonvolatile, ini mempunyai kerugian memerlukan peralatan pemrogram khusus. Demikian pula, sekali diprogram, ini tidak dapat dengan mudah dihapus atau diubah, setiap pengubahan program memerlukan PROM baru. Sebuah memori PROM adalah cocok untuk penyimpanan program yang telah diperiksa.

d. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) adalah sebuah PROM yang didisain secara khusus yang dapat diprogram setelah dihapus sebelumnya dengan menggunakan sinar ultraviolet. Penghapusan secara tuntas dari isi chip jendela (lihat gambar 2.48) yang ada di chip harus terbuka yang memungkinkan sinar ultraviolet mengenai chip selama duapuluh menit. EPROM dapat dipertimbangkan sebagai sebuah alat penyimpanan semi permanen, karena ini menyimpan secara permanen sebuah program sampai program siap untuk diubah kembali.

Gambar 2. 48 Memori EPROM.

Sebuah memori aplikasi yang hanya menggunakan EPROM saja tidak sesuai jika dalam operasinya menghendaki perubahan atau masukan data. Oleh karena itu, banyak PLC menawarkan memori aplikasi EPROM sebagai sebuah backup pilihan terhadap RAM. EPROM dengan kemampuan dalam penyimpan permanennya dikombinasikan dengan RAM yang dapat dengan mudah diubah isinya, menjadi sebuah sistem memori yang sesuai untuk banyak aplikasi.

e. EAROM (Electrically Alterable Read Only Memori)

EAROM (Electrically Alterable Read Only Memori) adalah mirip EPROM, tetapi memerlukan sumber cahaya ultraviolet untuk menghapusnya. Sangat sedikit PLC yang menggunakan EAPROM untuk memori aplikasi, tetapi seperti EPROM, EAROM ini adalah jenis nonvolatile, oleh karena itu dapat juga digunakan sebagai backup memori RAM.

f. EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memori)

EAROM (Electrically Alterable Read Only Memori) adalah alat penyimpanan berupa memori rangkaian terpadu yang multi dibuat sekitar tahun 1970-an. Seperti ROM dan EPROM, ini adalah jenis memori nonvolatile, yang menawarkan fleksibelitas pemrograman seperti yang dilakukan pada RAM.

Beberapa PLC ukuran kecil dan sedang sekarang menggunakan EEPROM sebagai memori dalam sistem. Ini digunakan untuk menyimpan program secara permanen dan dapat dengan mudah diubah dengan menggunakan peralatan pemrogam berupa komputer pribadi (PC) unit pemrogram manual. Dua keunggulan ini membantu untuk mengeliminasi waktu dalam pengubahan program.

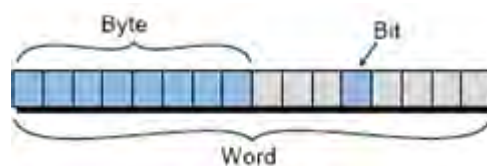
Salah satu dari kekurangan EEPROM adalah bahwa sebuah byte dapat dituliskan hanya setelah dihapus terlebih dahulu, dan ini memakan waktu. Perioda tunda waktu ini terlihat ketika sedang melakukan pengubahan program secara online. Kekurangan yang lain dari EEPROM adalah keterbatasan dalam jumlah berapa kali operasi sebuah penghapusan/penulisan byte tunggal, dalam hal ini kira-kira hanya 10.000 kali pengubahan

B. Struktur dan Kapasitas Memori

1. Struktur Dasar

Memori PLC dapat dibayangkan sebagai suatu tempat yang luas yang terdiri dari beberapa sel, setiap penyimpanan sebuah informasi dalam bentuk 1 atau 0 (format angka biner). Oleh karena setiap sel hanya dapat menyimpan satu digit biner (bit=akronim dari digit biner), maka setiap sel disebut dengan sebuah bit. Bit ini merupakan merupakan bagian terkecil dari sebuah unti memori. Meskipun setiap bit menyimpan informasi 0 atau 1, sel memori tidak secara aktual terdiri dari angka 1 atau 0. Sel memori menggunakan pengisian tegangan untuk merepresentasikan 1 dan 0, adanya tegangan menunjukkan1 dan tidak adanya tegangan menunjukkan 0. Sebuah bit mengindikasikan ON jika informasi yang disimpan 1 (terdapat tegangan) dan OFF jika informasi yang disimpan adalah 0 (tidak ada tegangan). Informasi ON/OFF disimpan dalam sebuah bit tunggal yang menunjukkanstatus dari bit tersebut.

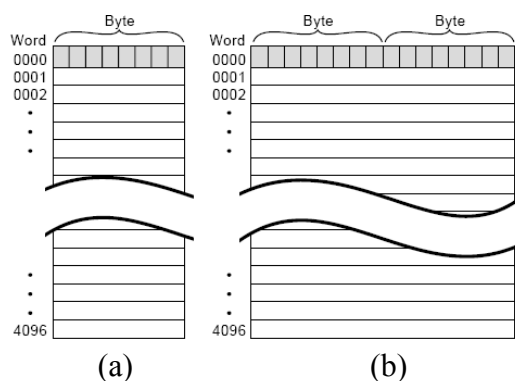
Kadang-kadang sebuah prosesor harus menangani lebih dari sebuah bit tunggal data pada saat yang bersamaan. Contoh, akan lebih efisien untuk sebuah prosesor bekerja dengan kelompok bit jika mentrasfer data dari dan ke memori. Sebuah grup bit dapat ditangani secara serentak (jika jumlah bit-nya 8 disebut dengan byte).

Yang terakhir struktur unit informasi yang digunakan di PLC adalah *word*. Secara umum, word adalah unit yang digunakan prosesor ketika data dioperasikan atau instruksi dijalankan. Seperti sebuah byte, word juga merupakan grup dari bit yang jumlahnya bervariasi, word umumnya panjangnya satu byte atau lebih. Gambar 2.49 mengilustrasikan unit struktur memori PLC.

Gambar 2. 49 Unit memory PLC: bit, byte, dan word.

2. Kapasitas Memori dan Penggunaannya

Kapasitas memori adalah hal yang sangat penting dalam aplikasi PLC. Menetapkan kapasitas memori dengan benar dapat menghemat biaya hardware dan waktu. Dengan mengetahui persyaratan kapasitas memory PLC sebelumnya akan terhindar dari pembelian pengontrol yang tidak sesuai kapasitasnya atau yang tidak bias ditambah.

Pada PLC kecil kapasitas memori-nya tidak bisa ditambah, sedangkan pada PLC besar memory dapat ditambah. PLC kecil mempunyai memori yang tetap, karena pada umumnya dengan kapasitas yang ada sudah lebih cukup untuk menyimpan program untuk aplikasi kecil. Pada PLC yang lebih besar memori dapat diperbesar, oleh karena lingkup aplikasinya membutuhkan jumlah I/O yang besar.

Ukuran memori untuk aplikasi ditentukan dalam satuan K (kilo), dimana setiap K-nya merepresentasikan lokasi sebanyak 1024 word. Memory 1K terdiri dari 1024 lokasi penyimpanan, memory 2K terdiri dari 2048 lokasi penyimpanan, memory 4K terdiri dari 4096 lokasi penyimpanan dan seterusnya. Gambar 2.50 mengilustrasikan dua array memori yang masing-masing mempunyai kapasitas 4K. Memori tersebut mempunyai konfigurasi yang berbeda, pada konfigurasi yang pertama menggunakan satu word dan yang kedua menggunakan dua word.

Gambar 2. 50 Ilustrasi blok dari (a) lokasi penyimpanan 8 bit (b) lokasi penyimpanan 16 bit.

Kapasitas memori PLC dalam satuan K hanya sebuah indikasi jumlah lokasi peyimpanan yang tersedia. Dengan mengetahui jumlah maksimum ini tidak cukup untuk menentukan keperluan memori.

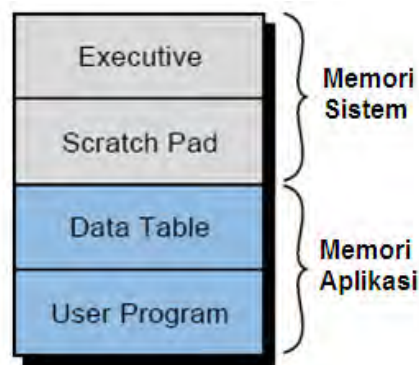
Informasi tambahan nmenyangkut tentang bagainmana instruksi program disimpan membantu untuk membuat keputusan yang lebih baik. Istilah pemekaian memori mengacu pada sejumlah data yang dapat disimpan dalam satu atau lebih lokasi ke sejumlah lokasi memori yang diperlukan untuk menyimpan setiap instruksi.

Untuk mengilustrasikan kapasitas memori, lihat gambar 2.50. Dengan menganggap bahwa setiap instruksi kontak NC dan NO memerlukan 16 bit dari area tempat penyimpanan. Dengan persyaratan memori ini, tempat penyimpanan area penyimpanan sistem memori pada gambar 2.50 (a) adalah setengah dari gambar 2.50 (b). Ini berarti bahwa untuk menyimpan ukuran program kontrol yang sama, sistem pada gambar 2.50 (a) akan memerlukan kapasitas memori 8K bukan 4K seperti pada gambar 2.50 (b).

Setelah familier dengan bagaimana memori dipakai dalam sebuah pengontrol, pemakai dapat mulai menentukan keperluan maksimum memori untuk sebuah aplikasi. Meskipun beberapa ketentuan telah digunakan sepanjang tahun. Oleh karena itu dengan diketahahuinya jumlah output, sejumlah kontak diperlukan untuk mengendalikan logika setiap output, dengan demikian informasi yang berkenaan pemakaian memori dapat perkiraan dengan perhitungan sederhana.

C. Organisasi Memori dan Interaksi I/O

Sistem memori seperti telah disebutkan sebelumnya terdiri dari memori sistem dan memori aplikasi. Gambar 2.51 mengilustrasikan organisasi memori ini yang disebut dengan pemetaan memori. Pemetaan memori menunjukkantidak hanya apa yang disimpan dalam memori, tetapi juga dimana data tersebut disimpan, berdasarkan pada lokasi khusus yang disebut address (alamat) memori. Sebuah pengertian pemetaan

memori sangat berguna ketika membuat sebuah program kontrol PLC dan menentukan tabel data.

Gambar 2. 51 Pemetaan memori yang disederhanakan

Meskipun setiap PLC mempunyai pemetaan memori yang berbeda, namun secara umum semua PLC harus mempunyai memori yang dialokasikan untuk empat dasar area memori, yaitu:

- **Area eksekutif.** Eksekutif adalah sebuah koleksi penyimpanan permanen dari program yang dipertimbangkan sebagai bagian dari sistem itu sendiri. Ini akan mengawasi program secara langsung aktiftas sistem.

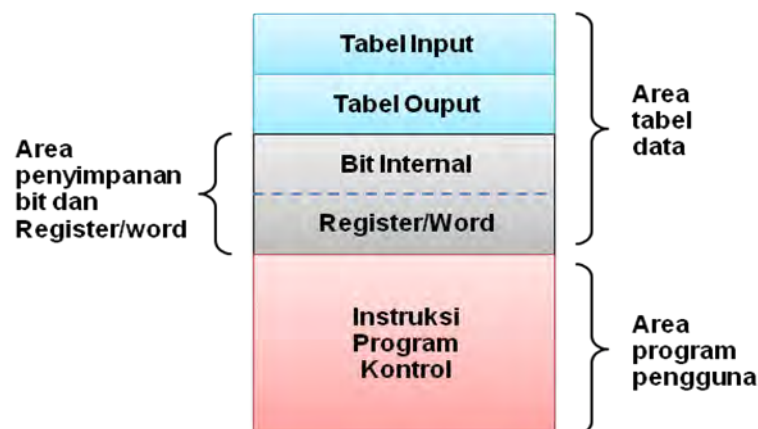
- **Area Scratch Pad.** Area CPU untuk menyimpan jumlah data yang relative kecil untuk penghitungan sementara dan kontrol. CPU menyimpan data yang diperlukan secara cepat dalam area memori ini untuk menghindari akses waktu yang panjang dengan mendapatkan lagi dari memori utama.

- **Area Tabel Data.** Area ini menyimpan semua data yang berkaitan dengan program kontrol, seperti nilai set awal timer dan counter dan penyimpanan konstanta yang lain dan variabel yang digunakan oleh program kontrol atau CPU. Tabel data juga mempertahankan staus informasi dari sistem input dan sistem output.

- **Area Program Untuk Pengguna.** Area ini menyediakan tempat penyimpanan untuk instruksi program yang dimasukan oleh pemakai. Area program pengguna juga menyimpan program kontrol.

Area eksekutif dan *scratch pad* disembunyikan dari pengguna dan dapat dipertimbangkan sebagai area tunggal dari memori dan ini disebut dengan *memori sistem*. Disamping itu tabel data dan area program pengguna dapat diakses dan diperlukan oleh pengguna untuk aplikasi kontrol dan disebut dengan *memori aplikasi*.

Total memori yang ditentukan untuk pengontrol mencakup memori sistem dan memori aplikasi. Sebagai contoh, sebuah pengontrol dengan memori 64K mempunyai 32K yang digunakan untuk rutin eksekutif dan sebuah area kerja sistem (scratch) 1/4K. Susunan ini menyisakan 31 3/4 K untuk memori aplikasi (tabel data dan memori pengguna), meskipun ini tidak selalu seperti itu.

Memori aplikasi menyimpan instruksi program dan data yang akan digunakan untuk melakukan fungsi kontrolnya. Gambar 2.52 menunujukan pemetaan memori dari elemen dalam area ini. Setiap PLC mempunyai kapasitas memori aplikasi maksimum, yang besarnya bervariasi dan tergantung pada ukuran dari PLC. PLC menyimpan semua data dalam tabel data dari aplikasi memori, sedangkan instruksi program tersimpan dalam bagian program pengguna.

Gambar 2. 52 Pemetaan memori aplikasi.

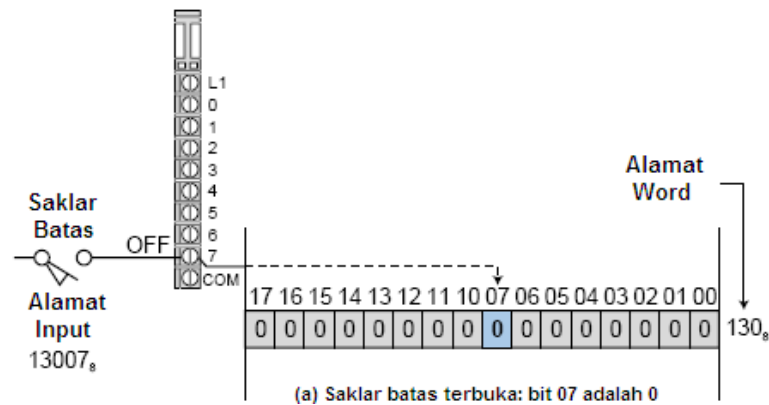
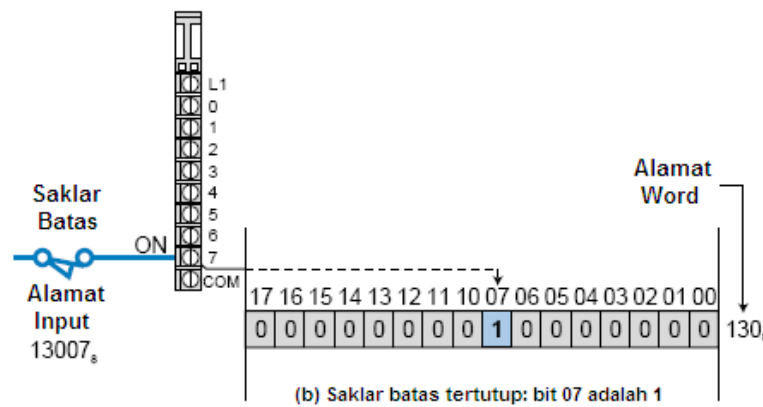
Bagian Tabel Data. bagian tabel data dari sebuah memeri aplikasi PLC disusun dari beberapa area, lihat gambar 2.52:

- Tabel input.
- Tabel output.
- Area penyimpanan.

Area ini berisi informasi dalam bentuk biner yang merepresentasikan status (ON atau OFF), angka, dan kode. Ingat bahwa struktur memori terdiri dari area sel atau bit dimana informasi biner ini disimpan. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing bentuk ketiga area tabel data tersebut.

Tabel Input. Tabel input adalah sebuah array dari bit yang menyimpan status input digital yang terhubung ke antarmuka input PLC. Jumlah maksimum dari bit tabel input adalah sama dengan jumlah maksimum input yang dapat dihubungkan ke PLC. Sebagai contoh sebuah PLC dengan 64 input memerlukan tabel input 64 bit. Setiap input yang terhubung mempunyai bit analogi dadalm tabel input, terkait dengan terminal yang mana input dihubungkan. Alamat peralatan input adalah lokasi bit dan word dari lokasi dari tabel input. Sebagai contoh saklar batas yang terhubung ke antarmuka input dalam gambar 2.53 mempunyai alamat $(13007)_8$ terkait dengan bit dalam tabel input. Alamat ini datang dari lokasi word 130_8 dan nomor bit 07_8, keduanya menyatakan keterkaitan terhadap posisi rak dan terminal yang terhubung dengan peralatan input, jika saklar batas OFF bit $(13007)_8$ adalah 0 (lihat gambar 2.53 a), jika saklar batas ON (lihat gambar 2.53b) bit $(13007)_8$ adalah 1.

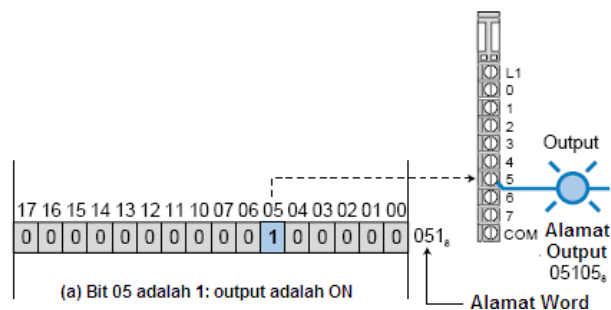
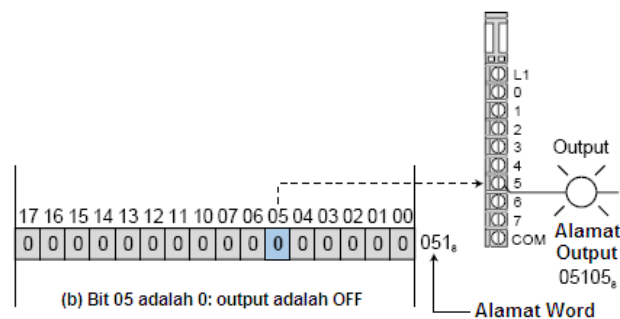
Selama PLC beroperasi, prosesor akan membaca status setiap input pada modul input dan menempatkan sebuah nilai (0 atau 1) pada alamat dalam tabel input. Tabel input

secara konstan berubah untuk merefleksikan perubahan dari modul input yang menerima input dari peralatan input eksternal. Perubahan tabel input ini berlangsung selama pembacaan dari update I/O.

(a)

(b)

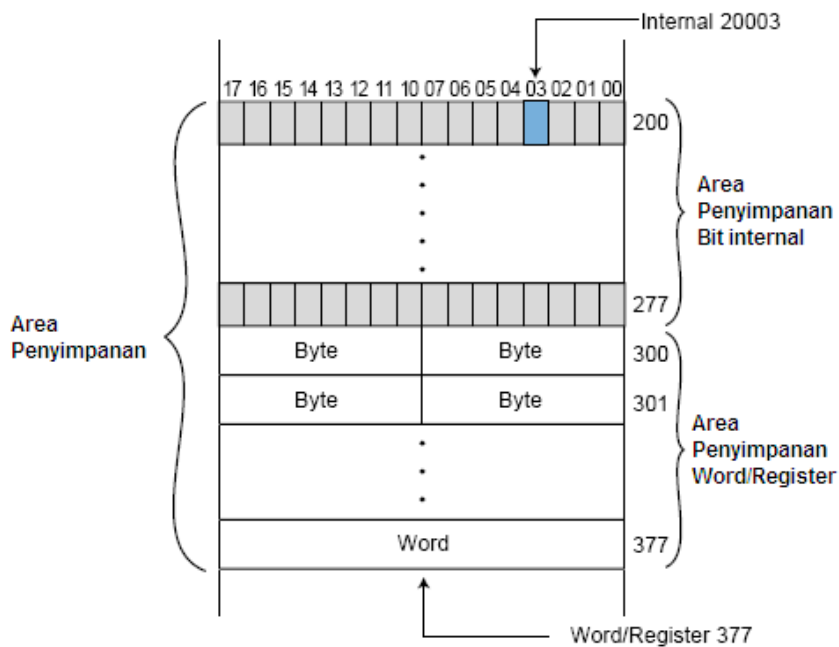
Gambar 2. 53 Saklar batas yang terhubung ke sebuat bit pada tabel input.

Tabel output. Tabel output adalah sebuah array dari bit yang mengontrol status dari peralatan digital output yang terhubung ke antarmuka output PLC. Sebagai contoh sebuah PLC dengan jumlah output 128 memerlukan sebuah tabel output 128 bit.

Seperti tabel input, setiap hubungan output mempunyai sebuah bit analogi dalam tabel output berkaitan dengan terminal dimana output dihubungkan. Prosesor mengontrol bit dalam tabel output sebagai interpretasi logika program kontrol selama skan program, dan menghidupkan modul output ON dan OFF secara bersamaan selama skan update output. Jika sebuah bit dalam tabel ON (1), kemudian output yang terhubung ON (lihat gambar 2.54a), jika bit dimatikan OFF (0), output yang terhubung juga OFF (lihat gambar 2.54b) ingat bahwa mematikan dan menghidupkan peralatan melalui modul output terjadi selama update output dan setelah akhir dari scan.

Area Penyimpanan (internal bit). Area penyimpanan adalah bagian dari tabel data yang digunakan untuk menyimpan perubahan data. area penyimpanan terdiri dari dua bagian: sebuah area penyimpanan bit internal dan sebuah area penyimpanan register/word (lihat gambar 2.55).

Gambar 2-54. Peralatan output yang terhubung ke sebuah bit dalam tabel output.

Area penyimpanan bit internal terdiri dari penyimpanan bit yang mengacu pada salah satu yaitu: output internal, kumparan internal atau rele internal. Output internal ini tersedia untuk tujuan interlocking dari urutan ladder dalam program. Output internal tidak secara langsung mengontrol peralatan output karena mereka disimpan pada alamat yang berbeda dengan alamat tabel output.

Ketika prosesor mengevaluasi program kontrol dan sebuah bit internal dikerjakan (1) kontak yang diacunya akan mengubah keadaan, jika itu adalah NO maka akan tertutup dan akan terbuka jika itu adalah NC. Kontak internal digunakan dalam hubungan dengan kontak input „riil" untuk membentuk urutan interlocking yang mengendalikan peralatan output atau output internal yang lain.

Gambar 2. 545 Bagian area penyimpanan dari tabel data.

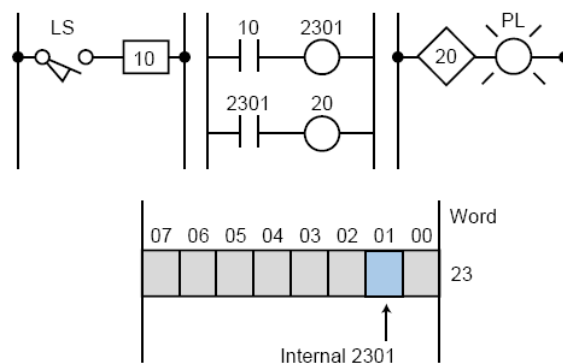
Nilai yang ditempatkan dalam area register/area penyimpanan word merepresentasikan data input dari beberapa peralatan input, seperti saklar thumbelwheel, input analog dan variabel. Sebagai tambahan ke nilai input, register ini dapat berisi nilai output yang ditujukan pergi ke modul antarmuka output yang terhubung ke peralatan output, seperti

meter analog, LED seven segment, katup control, pengontrol kecepatan motor dan lan-lain. Register juga digunakan untuk memprtahankan konstanta, seperti nilai preset timer/counter. Tergantung pada penggunaan mereka, reister pada area penyimpanan register/word juga mengacu pada register input, register output atau holding register. Tabel 2.13 menunjukkankonstanta dan variabel yang tersimpan pada register ini.

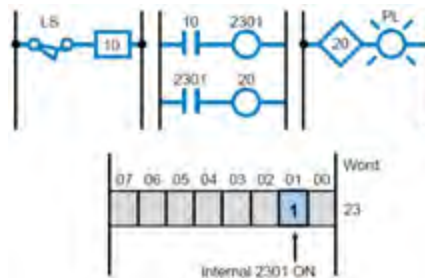
Tabel 2. 13 Konstanta dan variabel yang tersimpan dalam area penyimpanan register/word.

Konstanta	Variabel
Nilai preset timer	Nilai akumulasi timer
Nilai preset counter	Nilai akumulasi counter
Set point loop kontrol	Nilai hasil dari operasi matematika
Membandingkan set point	Nilai input analog
Tabel desimal	Nilai output analog
Huruf ASCII	Input BCD
Pesan ASCII	Output BCD
Tabel numerik	

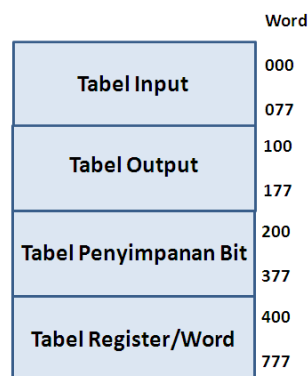
Contoh 2-1:

Mengacu pada gambar 2-11, apa yang terjadi pada terminal 2301 (word 23, bit 01) ketika saklar batas yang tersambung ke terminal input 10 tertutup?

Gambar 2. 55 Saklar batas (terbuka) yang tersambung ke internal output.

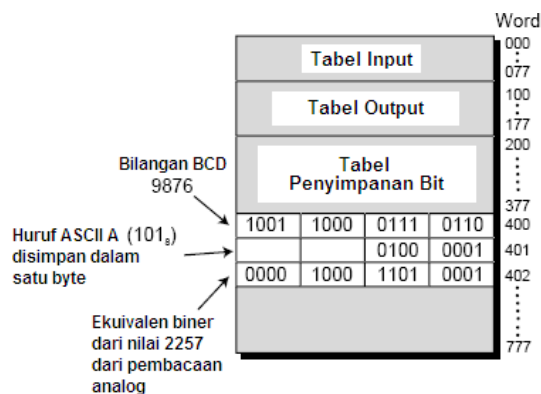
Solusi :

Jika LS tertutup (lihat gambar 2.56), kontak 10 akan tertutup, ini akan menghidupkan output 2301 ON (1 di bit 01 dari word 23). Ini akan menutup kontak 2301 dan menghidupkan output riil 20 ON, yang mengakibatkan lampu PL ON pada akhir scan.

Gambar 2. 56 Saklar batas dalam keadaan tertutup yang tersabung ke internal output.

Contoh 2-2:

Untuk pemetaan memori seperti ditunjukkan pada gambar 2.57 mengilustrasikan bagaimana merepresentasikan angka tersebut dalam area pemyimpanan: (a) angka BCD 9876, (b) karakter ASCII A (octal 101) dala satu byte (menggunakan lower byte) dan (c) nilai anlog 2257 (1000 1101 0001 biner). Representasi nilai ini dimulai dari register 400.

Gambar 2. 57 Pemetan memori.

Solusi :

Gambar 2.58 menunjukkandata register yang berkenaan dengan angka BCD 9876, karakter ASCII A dan nilai analog 257.

Gambar 2. 58 Solusi untuk contoh 2-2

Bagian Program Pengguna. Bagian program pengguna dari memori aplikasi dicadangkan untuk menyimpan logika kontrol. Semua instruksi PLC yang megontrol mesin atau proses disimpan dalam area ini. Perangkat lunak eksekutif prosesor yang merepresentasikam setiap instruksi PLC menyimpan instruksinya dalam memori program pengguna.

Ketika sebuah PLC mengeksekusi programnya, prosesor menginterpretasikan informasi dalam memori program pengguna dan mengontrol bit yang diacu dalam tabel data yang terkait dengan I/O riil atau I/O internal. Eksekusi prosesor dari program eksekutif melakukan interpretasi ini dari program pengguna.

Jumlah maksimum dari memori program pangguna yang tersedia adalah merupakan sebuah fungsi dari ukuran PLC (kapasitas I/O). Pada PLC ukuran medium dan besar, area program pengguna dibuat fleksibel dengan pengubahan tabel data, dengan

demikian ini sesuai dengan keperluan penyimpanan data minimum. Pada PLC kecil pada umumnya area program pengguna adalah sudah tetap. Memori program pengguna yang diperlukan secara proporsional berbanding lurus dengan jumlah instruksi yang digunakan dengan program kontrol.

D. Konfigurasi Memori PLC

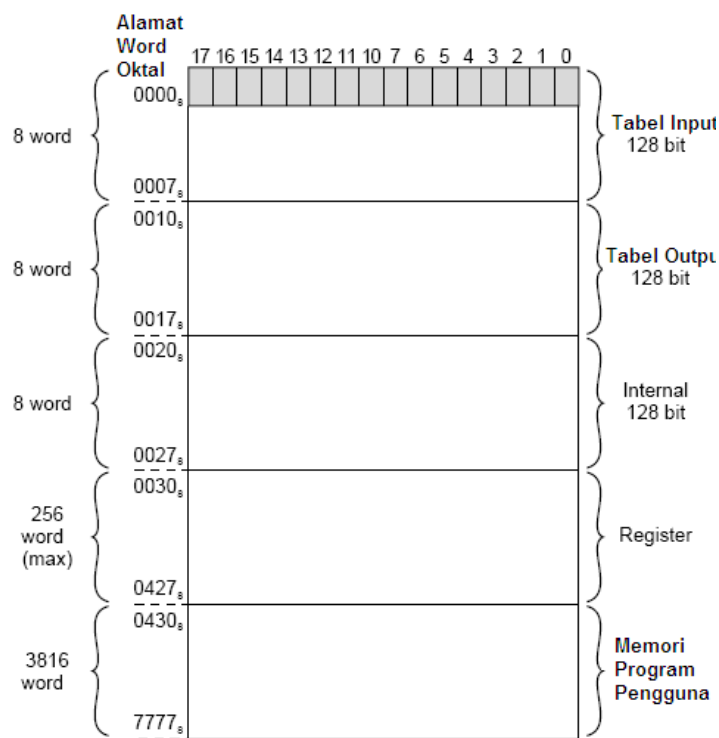
Dengan mengerti organisasi memori, khususnya interaksi tabel data pemetaan I/O dan area penyimpanan membantu dalam memahami fungsi operasi PLC secara komperhensif. Meskipun pemetaan memori sering diambil untuk diberikan pada pengguna PLC, pengertian sepenuhnya terhadap pemetaan memori ini menjadikan kita mempunyai persepsi yang lebih baik terhadap bagaimana perangkat lunak program kontrol diorganisasi dan dikembangkan.

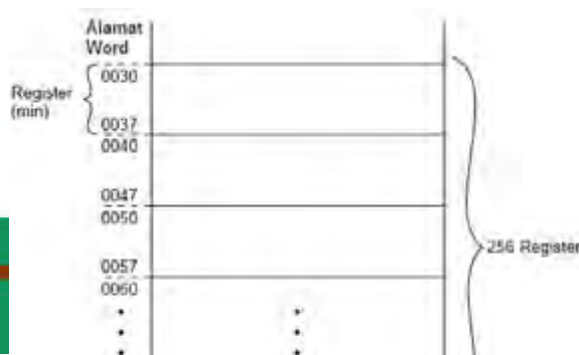
1. Organisasi Tabel Data

Organasasi tabel data atau biasa disebut dengan konfigurasi adalah sangat penting. Konfigurasi menentukan tidak hanya mengalamatkan peralatan diskrit, tetapi juga register yang akan digunakan untuk kontrol numerik dan analog, serta operasi timing dan counting.

Sebagai contoh PLC mempunyai memori, I/O dan spesifikasi sistem bilangan, sebagai berikut:

- Jumlah memori aplikasi 4K word, dengan setiap word-nya adalah 16 bit.
- Kapasitas peralatan I/O yang dapat dihubungkan adalah 256 (128 input dan 128 output).
- Tersedia 128 output internal.
- Mempunyai kemampuan untuk menyimpan 256 register.
- Sistem bilangan oktal 2-byte.

Dengan melihat tabel I/O (gambar 2.59) dan menganggap bahwa input terletak pada bagian pertama dalam pemetaan I/O, tabel input akan mulai pada alamat 0000_8 dan berakhir pada 0007_8 (lihat gambar 2.59). Output akan mulai dari alamat 0010_8 dan berakhir pada 0017_8. Oleh karena setiap word memori mempunyai 16 bit, 128 input memerlukan tabel input 8 word, demikian pula outputnya. Alamat awal untuk area penyimpanan output iternal adalah pada lokasi memori dengan alamt 0020_8 dan berlanjut sampai 0027_8. Alamat 0030_8 mengindikasikan awal dari area penyimpanan register/word. Area ini harus mempunyai minimum 8 register, dengan kemungkinan penambahan sampai 256 register. Delapan register pertama mulai dari 0030_8 dan berakhir pada alamat 0037_8 (lihat gambar 2.60).

Gambar 2. 59 Tabel I/O dan memori pengguna.

Jika semua register penyimpanan yang tersedia digunakan, kemudian alamat memori awal untuk program kontrol adalah 0430_8. Konfigurasi ini akan menyisakan lokasi 3816 (desimal) untuk menyimpan software kontrol. Gambar 2.59 menunjukkankonfigurasi maksimum ini.

Gambar 2. 60 Area penyimpanan register.

Kebanyakan PLC mengizinkan pengguna untuk mengubah rentang register tanpa memperhatikan alamat awal dari program. Meskipun demikian, pengguna harus mengetahui sebelumnya jumlah register yang diperlukan. Ini akan berguna ketika menugasi alamat register dalam program.

2. Pengalamatan I/O

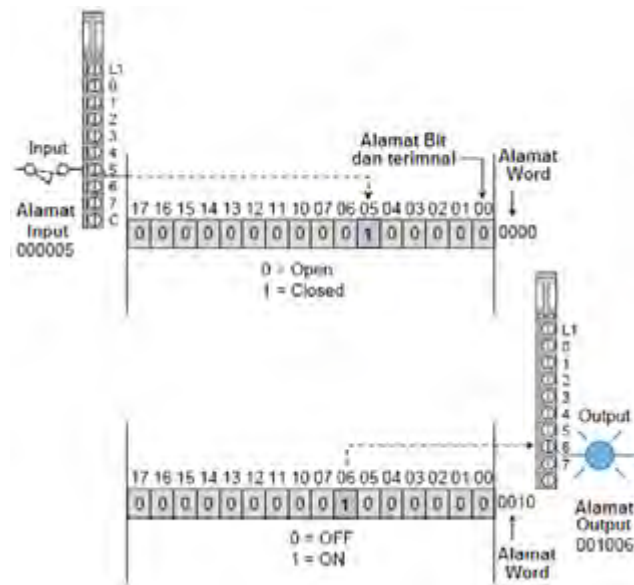
Telah disebutkan sebelumnya bahwa operasi PLC adalah sederhana yaitu pembacaan input, memecahkan logika ladder di memori program pengguna, dan memperbaharui output. Disini kita akan melihat kembali hubungan antara alamat I/O dan tabel I/O dan juga bagaimana pengalamatan digunakan dalam program.

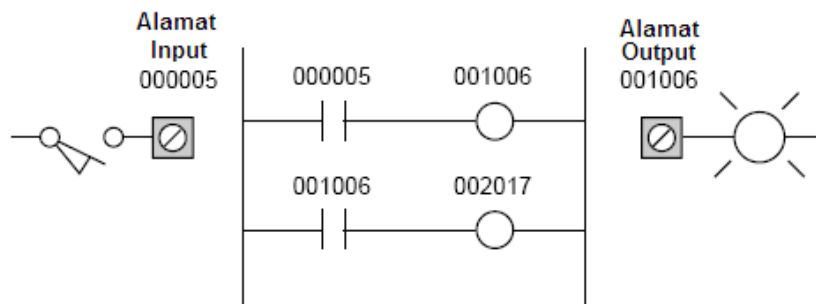
Struktur input/output PLC didisain dengan sesuatu yang sederhana. Peralatan I/O yang dihubungkan ke modul I/O PLC, yang ditempatkan di rak. Lokasi rak dari setiap peralatan I/O kemudian dipetakan ke tabel I/O, dimana penempatan modul I/O menentukan alamat dari peralatan yang dihubungkan ke modul. Beberapa PLC menggunakan saklar modul internal untuk menetapkan alamat yang digunakan dengan peralatan yang terhubung ke modul. Pada akhirnya semua hubungan input dan output dipetakan ke tabel I/O.

Dengan menganggap bahwa sebuah rangkaian rele terdiri dari saklar pengendali yang mengendalikan lampu (lihat gambar 2.61), rangkaian ini dihubungkan ke modul input dan output PLC seperti ditunjukkan pada gambar 2.62. Untuk tujuan ini diskusi kita menganggap bahwa setiap modul berisi 8 input atau output dan PLC

tersebut mempunyai sebuah pemetaan memori yang mirip pada salah satu yang ditunjukkan sebelumnya pada gambar 2.59. Saklar batas dihubungkan ke terminal 5 (octal) dari modul input, sementara lampu dihubungkan ke terminal nomor 6 modul output.

Gambar 2. 61 Sebuah rangkaian rele dengan saklar batas yang digunakan untuk mengendalikan lampu.

Mari kita asumsikan bahwa modul I/O ditempatkan pada rak dengan alamat word 0000 untuk modul input dan word 0010 untuk modul output. Oleh karena itu, prosesor akan mengacu saklar batas sebagai input 000005 dan akan mengacu lampu sebagai output 001006 (input dipetakan ke word 0000 bit 05; dan output dipetakan ke word 0010 bit 06). Alamat ini dipetakan ke tabel I/O. setiap saat prosesor membaca input, ini akan memperbaharuhi tabel input dan menghidupkan ON bit tersebut dimana peralatan input adalah 1 (ON atau tertutup). Ketika prosesor memulai eksekusi program ladder akan ada daya yang diberikan ke elemen ladder yang terkait dengan saklar batas, karena alamat referensinya adalah 1 (lihat gambar 2.62). Pada saat ini akan men-set output 001006 ON dan lampu pilot akan hidup setelah semua instruksi telah dievaluasi dan akhir dari scan modul output mengambil alih, operasi ini diulang setiap scan.

Gambar 2. 62 Modul input/output yang terhubung ke peralatan eksternal

Catatan bahwa alamat 000005 dan 001006 dapat digunakan dalam program kontrol. Jika kita telah memprogram sebuah kontak pada 001006 untuk mengendalikan output internal 002017 (lihat gambar 2.63), PLC akan menghidupkan output internal bit-nya (002017) menjadi 1 setiap waktu output 001006 ON. Namun demikian output ini tidak akan secara langsung tersambung ke setiap peralatan output. Catatan bahwa penyimpanan internal bit 002017 dilokasikan dalam word 0020 bit 17.

Gambar 2. 63 Implementasi ladder PLC dari gambar 2-62 meggunakan sebuah bit output internal.

Tugas:

1. Jenis memori apa yang digunakan untuk menyimpan program kontrol yang akan dieksekusi oleh PLC

2. Tentukan memori yang diperlukan untuk sebuah aplikasi yang mempunyai spesifikasi sebagai berikut:
   - 70 ouput, yang mana setiap output dikendalikan oleh logika yang merupakan perpaduan dari 10 elemen kontak.
   - 11 timer dan 3 counter, yang masing-masing dikendalikan oleh 8 dan 5 elemen kontak.
   - 20 instruksi (add/subtract/compare), yang masing-masing dikendalikan oleh 5 elemen kontak.

Instruksi	Memori yang diperlukan
Kontak NO atau NC	1
Output	1
Add/subtract/compare	1
Timer/counter	3

Kegiatan Belajar 4

Sistem Input/Output Diskrit

Kompetensi Dasar

1. Mendeskripsikan Hubungan Digital I/O PLC dengan komponen eksternal.
2. Mengidentifikasi hubungan Digital I/O PLC dengan komponen eksternal.

Informasi

Pada kegiatan belajar 3 ini Anda akan belajar tentang antarmuka diskrit yang berkaitan dengan karakteristik fisik, listrik dan fungsi. Pengetahuan ini akan sangat bermanfaat dan menunjang dalam memahami tentang bagaimana PLC berhubungan dengan peralatan eksternal yang tergabung dalam sebuah sistem kontrol PLC.

Tujuan

Setelah mempelajari uni ini diharapkan siswa dapat:

1. Mengidentifikasi antarmuka diskrit yang digunakan dalam sistem PLC.
2. Menjelaskan karakteristik fisik, listrik dan fungsi dari antarmuka diskrit.
3. Menjelaskan prinsip operasi antarmuka diskrit.

4. Menjelaskan sistem I/O remote
5. Menginstall dan mengawati antarmuka diskrit dengan peralatan output diskrit.

Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari unit ini anda harus terlebih dahulu memiliki pengetahuan tentang:

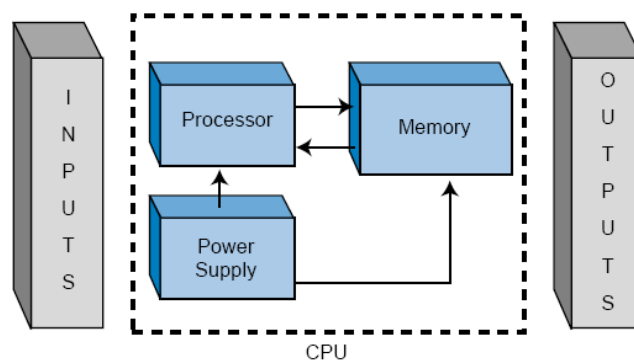
1. Materi bahasan yang termuat pada kegiatan belajar 1 dan 2 di modul ini.

Persyaratan Lulus

Untuk dapat lulus dari unit ini anda harus telah mengerjakan seluruh latihan dengan benar, dan telah pula mengerjakan test dengan skor minimum 70.

Uraian Materi Pembelajaran 4

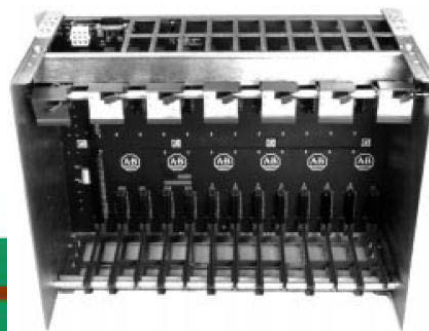
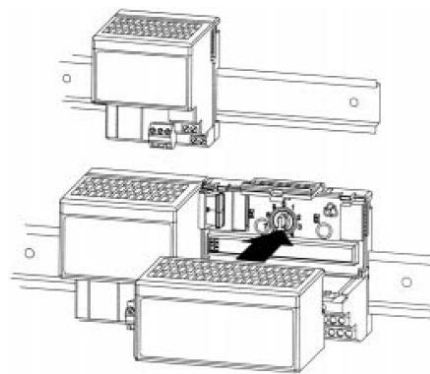
A. Pengenalan Sistem I/O Diskrit

Sistem I/O diskrit melengkapi hubungan fisik antara CPU dan peralatan eksternal yang mengirimkan dan menerima sinyal digital (lihat gambar 2.64). Sinyal digital adalah bukan sinyal kontinyu yang hanya mempunyai dua keadaan ON dan OFF. Melalui rangkaian antarmuka yang bervariasi dan peralatan I/O eksternal (saklar batas, transduser dan lain-lain) PLC merasakan dan mengukur kuantitas fisik (kedekatan, posisi, gerakan, level, temperatur, tekanan, arus dan tegangan) yang terkait dengan sebuah mesin atau proses. Berdasarkan pada status dari peralatan yang disensor atau nilai proses yang diukur, CPU menetapkan perintah kontrol pada peralatan I/O eksternal.

Gambar 2. 64 Diagram blok sebuah CPU PLC dan sistem I/O.

Prosesor PLC sekarang dibatasi hanya pada antarmuka input/output diskrit, yang dapat menjembatani hanya dengan peralatan jenis ON/OFF. Pembatasan ini memberi PLC hanya menangani sebagian kontrol pada kebanyakan proses, karena kebanyakan aplikasi proses memerlukan pengukuran analog dan manipulasi nilai numerik untuk mengontrol peralatan analog dan instrumentasi. Sekarang PLC mempunyai rentang yang lengkap yaitu: antarmuka diskrit dan analog, yang menjadikan PLC dapat diaplikasikan pada kebanyakan jenis kontrol. Gambar 2.65 menunujukan sebuah jenis dari sistem I/O diskrit.

Gambar 2. 65 Sistem I/O diskrit.

B. Rak I/O dan Pemetaan Tabel

Modul I/O adalah alat yang berisi rangkaian yang dapat mengkomunikasikan antara PLC dengan peralatan I/O. Semua modul I/O harus ditempakan atau disisipkan kedalam rak dalam PLC (lihat Gambar 2.66). Rak memegang dan mengorganisasi modul I/O PLC, dengan sebuah rak lokasi alamat I/O dapat ditetapkan. Alamat I/O adalah angka yang unik yang mengidentifikasi peralatan input/output selama pembuatan dan eksekusi program kontrol. Beberapa pembuat PLC mengizinkan pengguna untuk memilih alamat (yang akan dipetakan ke tabel I/O) untuk setiap modul dengan menetapkan saklar internal (lihat gambar 2.67).

Gambar 2. 66 Contoh sebuah rak I/O

Gambar 2. 67 Saklar internal yang digunakan untuk menetapkan alamat I/O.

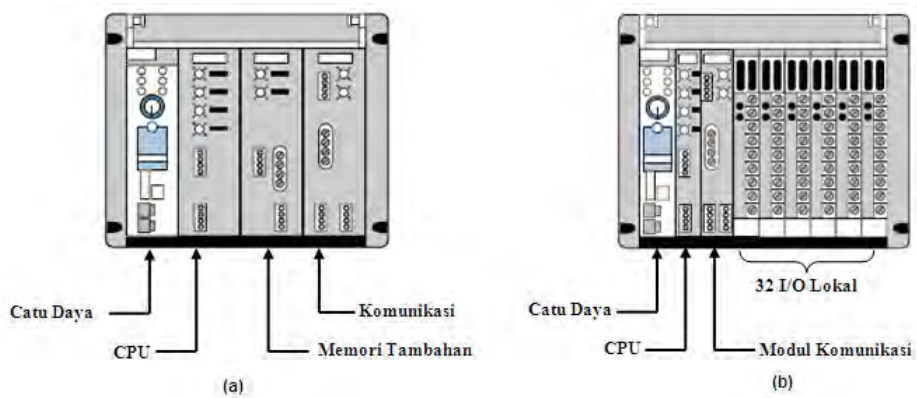
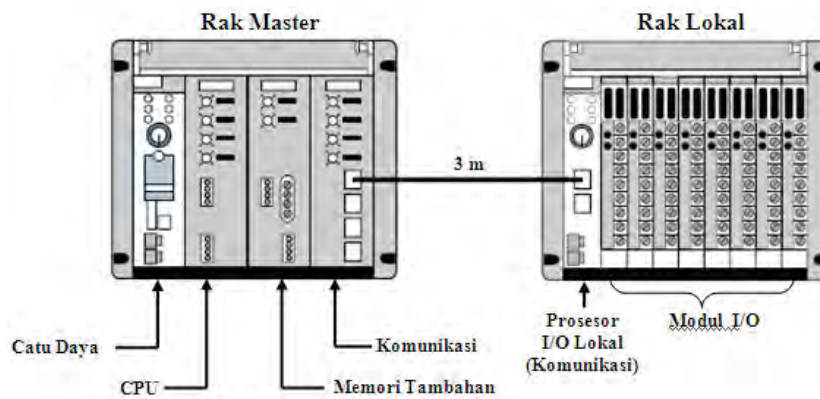
Sebuah rak secara umum mengenal jenis modul yang tersambung padanya (input atau output) dan kelas antarmuka (diskrit, analog, numerik, dan lain-lain). Pengenalan modul ini dikodekan pada bagian belakang rak.

Konfigurasi rak PLC adalah sesuatu yang penting untuk menjaga sistem konfigurasi secara keseluruhan. Ingat bahwa setiap peralatan I/O yang tersambung diacu dalam program kontrol, oleh karena itu salah pengertian dari lokasi alamat I/O akan membuat bingung selama dan setelah tahap pemrograman.

Terdapat tiga kategori rak:

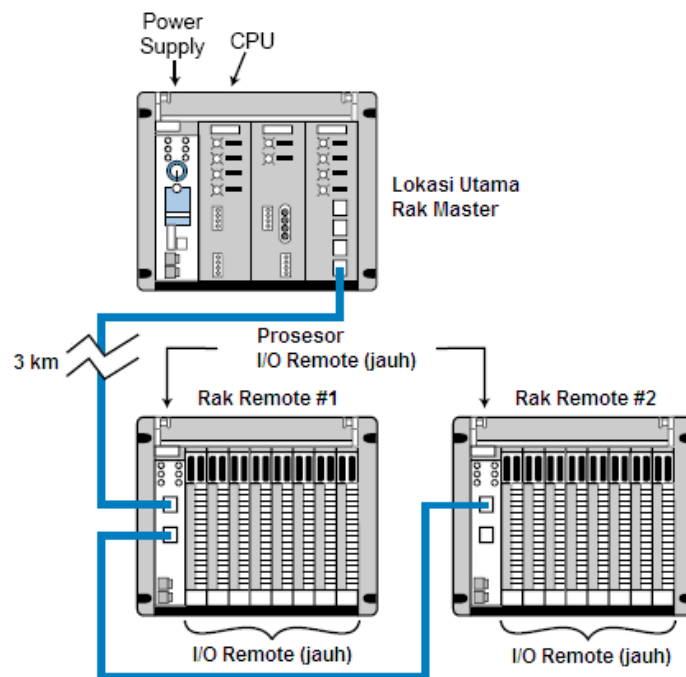
- Rak master.

- Rak lokal.
- Rak remote (jauh).

Istilah rak master (lihat gambar 2.68) mengacu pada rak yang berisi CPU atau modul prosesor. Rak ini ada yang mempunyai slot dan ada yang tidak untuk menyisipkan modul I/O. Jika sebuah master berisi modul I/O, master rak dapat juga dipertimbangkan sebagai sebuah rak lokal. Secara umum sebuah rak lokal (jika bukan rak master) berisi sebuah prosesor I/O local yang mengirim data ke dan dari CPU.

Gambar 2. 68 Rak master (a) tanpa modul I/O dan (b) dengan modul I/O.

Gambar 2. 69 Konfigurasi rak lokal

Informasi dua arah ini terdiri dari data diagnostik, pemeriksaan kesalahan komunikasi, status input dan output yang sudah diperbaharuhi. Tabel I/O memetakan alamat rak lokal I/O.

Rak remote berisikan modul I/O (lihat gambar 2.70), dilokasikan jauh dari CPU. Rak jauh berisi sebuah prosesor I/O yang mengkomunikasikan informasi input dan output dan status diagnostik seperti rak lokal. Pengalamatan I/O dalam rak ini juga dipetakan ke tabel I/O.

Konsep rak menekankan pada lokasi secara fisik dan jenis dari prosesor (lokal, remote atau CPU utama) yang digunakan dalam setiap rak. Setiap satu dari modul I/O dalam sebuah rak apakah itu diskrit, analog atau I/O khusus mempunyai sebuah alamat yang diacu.

Gambar 2. 70 Konfugurasi rak jauh (remote)

Titik sambungan ini, yang mengikat peralatan riil ke modul I/O mereka, mengidentifikasi setiap peralatan I/O oleh alamat modul dan titik terminal dimana ini

tersambung. Ini alamat yang mengidentifikasi peralatan input atau output dalam program kontrol.

C. Instruksi PLC Untuk Input Diskrit

Antarmuka (interface) input diskrit menghubungkan peralatan input digital ke modul input PLC. Antarmuka input digital mensensor sinyal yang hanya mmpunyai dua pernyataan, yaitu: ON/OFF, OPEN/CLOSE, TRUE/FALSE. Sinyal input yang diterima interface dari peralatan input diskrit pada dasarnya berupa saklar yang member sinyal 1 (ON) atau 0 (OFF).

Tabel 2. 14 Peralatan input diskrit

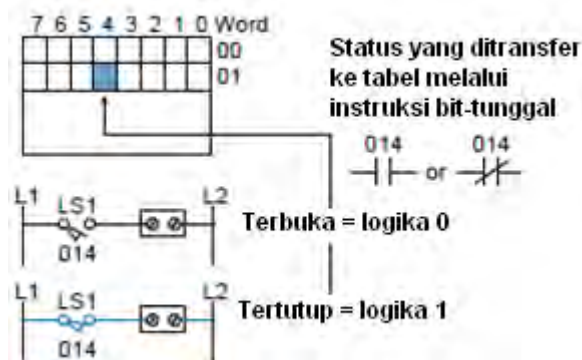
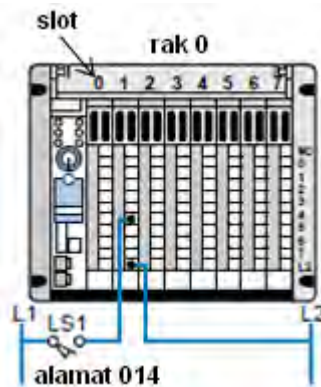
Peralatan Input
Pemutus tenaga (CB)
Saklar level
Saklar batas
Kontak motor starter
Saklar photoelectric
Saklar proximity
Tombol tekan
Kontak rele
Saklar selector
Saklar thumbelwheel

Beberapa instruksi didisain untuk memanipulasi input diskrit. Instruksi ini untuk menangani bit tunggal yang mengontrol input dengan satu sambungan atau multi bit untuk peralatan input yang mempunyai beberapa sambungan, adapun informasi yang diberikan dari peralatan ini adalah ON atau OFF.

Setiap pabrik pembuat PLC menetapkan pengalamatan dan pemetaan sendiri yang terkait dengan sistem yang digunakan. Pabrik pembuat PLC mungkin menggunakan 1

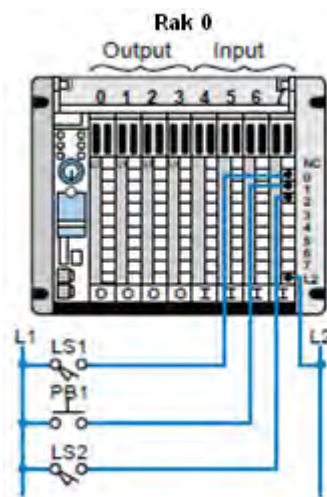
untuk input dan „0 „ untuk output atau menggunakan alamat „I/O" untuk input atau output dengan menambahkan kode slot dan rak. Gambar 2.71 dalah ilustrasi dari penyambungan peralatan eksternal saklar batas LS1 yang dihubungkan kemodul input pada rak 0. Seperti telihat pada gambar bahwa LS1 tersambung ke modul dengan alamat 014, ini berarti bahwa peralatan input tersambung terminal 4, rak 0 dan slot 1.

Ketika sebuah sinyal input ON, antarmuka input mensensor peralatan input (bertegangan) akan memberikan sinyal „1"dan mengubahnya ke sinyal level logika „0" atau „1"tergantung instruksi dengan alamat yang terkait dengan input tersebut. Logika „1" input pada table input mengindikasikan ON atau kondisi tertutup dan logika „0" mengindikasikan OFF atau kondisi terbuka jika dikenakan pada instruksi normally open (NO).

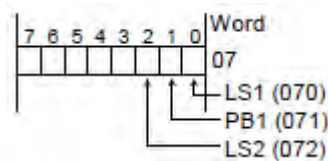
Modul input multi bit seperti contohnya saklar thumbelwheel yang digunakan pada antarmuka BCD (lihat gambar 2.72), transfer blok menerima input mulitibit dan menempatkannya nilai input ke data table.

Gambar 2. 71 Table input 8-bit

Gambar 2. 72 Transfer blok dan perolehan data input instruksi transfer multibit ke dalam table data.

Contoh….

Konfigurasi rak seperti ditunjukkan pada gambar 2.73 Menentukan alamat untuk setiap peralatan input yang akan dihubungkan ke modul input diskrit 8-bit. Dengan menganggap bahwa empat slot pertama dari 64 I/O PLC ini diisi dengan output dan empat slot yang kedua diisi dengan input. Dengan menganggap juga bahwa pengalamatannya mengikuti hubungan rak dan slot dan dimulai dari alamat 000 (dengan catatan bahwa pengalamatannya adalah sistem oktal).

Gambar 2. 73 Konfigurasi rak.

Solusi:

Modul input diskrit (dimana peralatan input dihubungkan) akan mempunyai alamat 070 sampai 077, karena ini dilokasikan pada rak 0, slot nomor 7. Oleh karena itu setiap peralatan input akan mempunyai alamat seperti ditunjukkan pada gambar 2.74 LSI mempunyai alamat 070, PB1 mempunyai alamat 071 dan LS2 mempunyai alamat 072. Program kontrol akan mengacu peralatan input dengan alamat tersebut. Jika LS1 diubah penyambungannya pada input diskrit yang lain, alamat yang diacu juga akan berubah. Konsekuensinya adalah alamat yang terdapat di program control harus diubah karena hanya terdapat satu alamat yang dapat dialamatkan pada setiap hubungan peralatan input.

Gambar 2. 74 Alamat peralatan input

D. Jenis-jenis Input Diskrit

Seperti telah disebutkan sebelumnya, antarmuka input diskrit mengindra sinyal non-kontinyu dari peralatan I/O yaitu sinyal yang hanya mempunyai dua pernyataan. Antarmuka input diskrit menerima tegangan dan arus yang diperlukan untuk operasi ini dari bagian belakang rak dimana mereka disisipkan. Sinyal yang diterima oleh antarmuka diskrit dari peralatan input

Peralatan input dapat berbeda jenis atau nilai tegangannya (contoh: 120 VAC, 12 VDC). Untuk alasan ini, rangkaian antarmuka input diskrit tersedia dalam rating tegangan yang berbeda. Tabel 2.15 merupakan daftar standar rating untuk input diskrit.

Tabel 2. 15 Standar rating untuk antarmuka input diskrit

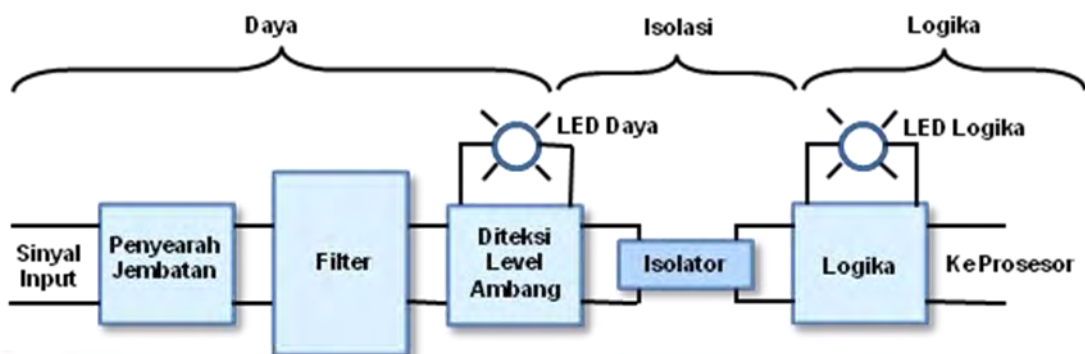
Rating Input
24 volt AC/DC
48 volt AC/DC
120 v0lt AC/DC
230 volt AC/DC
Level TTL
Input terisolasi
5 – 50 vol DC (sink/source)

Agar penerapan antarmuka input sesuai, kita harus mempunyai sebuah pengertian tentang bagaimana mereka beroperasi dan sebuah spesifikasi operasi tertentu. Sekarang kita lihat perbedaan jenis antarmuka input diskrit, demikian pula cara operasi dan cara penyambungannya.

1. Input AC/DC

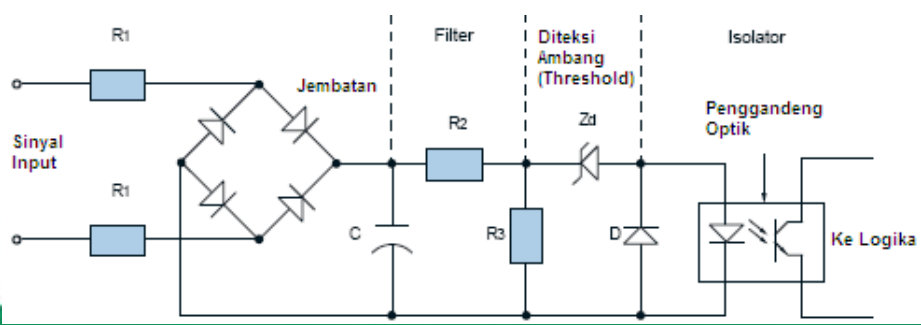
Gambar 2.75 menunjukkansebuah diagram blok rangkaian antarmuka input AC/DC. Rangkaian input sangat bervariasi diantara pembuat PLC, tetapi secara umum antarmuka AC/DC beroperasi mirip pada rangkaian yang ada pada gambar diagram. Sebuah rangkaian input AC/DC mempunyai dua bagian utama:

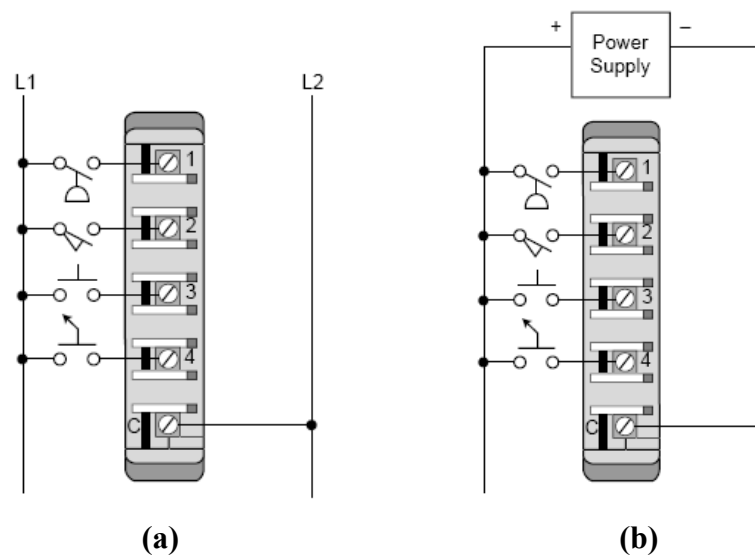
- Bagian daya.
- Bagian logika

Bagian-bagian ini secara umum, tatapi tidak selalu dikopel melalui sebuah rangkaian yang secara listrik terpisah diantara mereka (dilengkapi dengan isolasi).

Gambar 2. 75 Diagram blok rangkaian input DC/AC.

Bagian daya adalah sebuah antarmuka input DC/AC yang mengubah tegangan AC yang datang dari sebuah peralatan input pengindra ke DC, seperti digambarkan dalam tabel 2.15, sinyal level-logika dapat digunakan selama pembacaan input. Selam proses ini, rangkaian penyarah jembatan yang merupakan antarmuka daya mengubah sinyal AC yang masuk ke sinyal level tegangan DC. Ini kemudian melewatkan sinyal melalui rangkaian filter, yang mengamankan sinyal untuk menghindari *bouncing* dan derau listrik pada jala-jala.

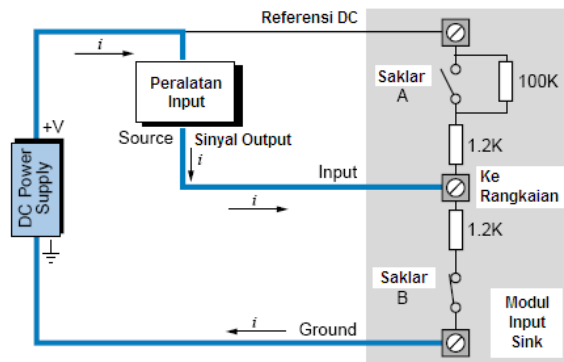
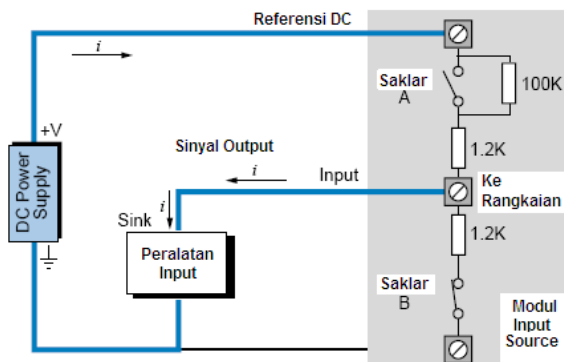
Filter ini mengakibatkan tunda waktu sinyal 9-25 mdetik. Bagian rangkaian daya batas ambang mendeteksi apakah sinyal telah mencapai level tegangan yang sesuai untuk menetapkan rating input. Jika sinyal input melebihi dan tetap di atas batas ambang tegangan pada tenggang waktu yang sama terhadap tunda waktu filter, maka sinyal dibaca sebagai input yang valid.

Gambar 2.76 menunjukkanrangkaian input AC/DC. Setelah antarmuka mendeteksi sebuah sinyal yang valid, maka rangkaian ini melewatkan sinyal melalui sebuah rangkaian isolasi, yang melengkapi isolasi secara listrik bertransisi dari sinyal AC ke DC. Rangkaian logika kemudian membuat sinyal DC siap diberikan ke prosesor melalui bus data yang ada dibagian belakang rak. Sinyal secara listrik diisolasi, dengan demikian tidak ada hubungan listrik antara peralatan input dengan PLC (logika). Pemisahan listrik ini membantu mencegah tegangan spike yang besar dari kerusakan pada sisi logika dari antarmuka atau PLC. Sebuah penggandeng optik atau sebuah tranformator pulsa berfungsi sebagai penggandeng antara bagian daya dan logika.

Gambar 2. 76 Rangkaian input AC/DC.

Kebanyakan rangkaian input AC/DC mempunyai sebuah indikator LED terhadap sinyal yang sesuai untuk level tegangan yang datang. Sebagai tambahan pada indikator daya rangkaian juga mempunyai LED untuk mengindikasikan adanya sinyal logika 1 pada bagian logika. Jika sebuah tegangan input ada dan rangkaian berfungsi dengan baik, maka LED akan menyala, kedua LED harus tetap menyala untuk mengindikasikan bahwa daya dan bagian logika dari modul beroperasi dengan benar. Gambar 2.77 menunjukkandiagram hubungan peralatan AC/DC.

Gambar 2. 77 Hubungan peralatan untuk (a) sebuah modul input AC dan (b) sebuah modul input DC.

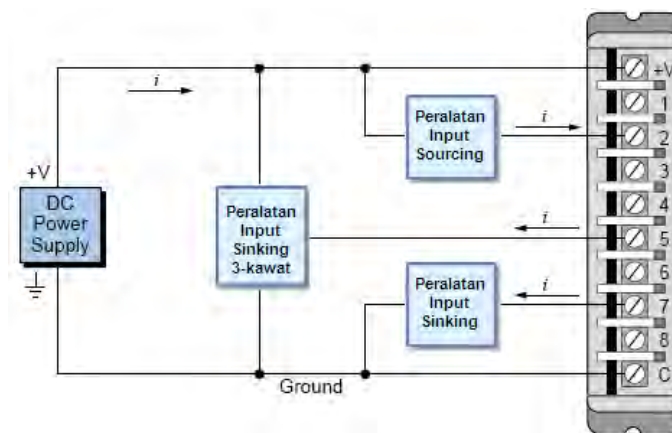
2. Input DC (Sink/Source)

Sebuah modul input DC menjembatani peralatan input yang dilengkapi dengan tegangan output DC. Perbedaan antara antarmuka input DC dan antarmuka input AC/DC adalah bahwa input DC tidak terdapat rangkaian jembatan, karena tidak ada pengubahan sinyal AC ke sinyal DC. Rentang tegangan input dari modul input DC bervariasi antara 5 dan 30 VDC. Modul mengenali sinyal input akan ON jika level tegangan input adalah 40% dari tegangan suplai. Modul mendeteksi kondisi OFF ketika tegangan input jatuh di bawah 20% dari referensi tegangan DC.

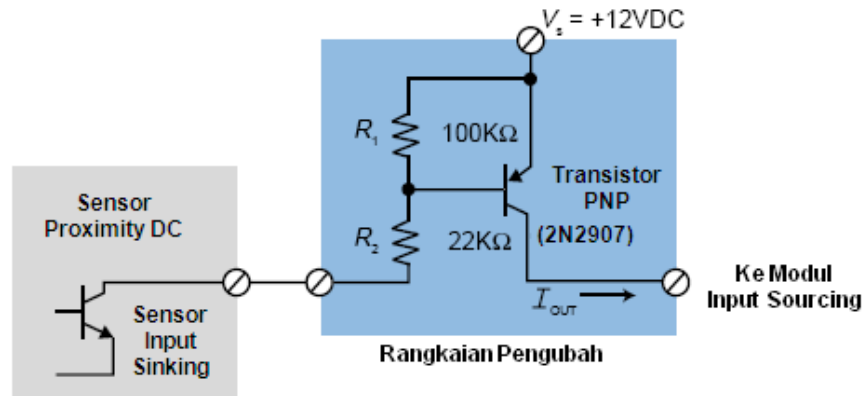
Sebuah modul input DC dapat memberikan antarmuka terhadap peralatan I/O dalam dua operasi yaitu: sinking dan sourcing. Operasi sinking dan sourcing mengacu pada konfigurasi elektrik dari rangkaian dalam modul dan peralatan input. Jika peralatan dilengkapi sumber arus ketika ON ini dikatakan dengan sourcing arus, sebaliknya jika peralatan menerima arus ketika ON ini disebut sebagai arus sinking. Terdapat peralatan yang bisa kedua-duanya yaitu: sinking dan sourcing, demikian juga modul inputnya. Gambar. 2.78 menggambarkan operasi sinking dan sourcing dan arah arusnya.

(a)

(b)

Gambar 2. 78 Arus untuk (a) modul input sinking/peralatan input sourcing dan (b) modul input sourcing/peralatan input sinking.

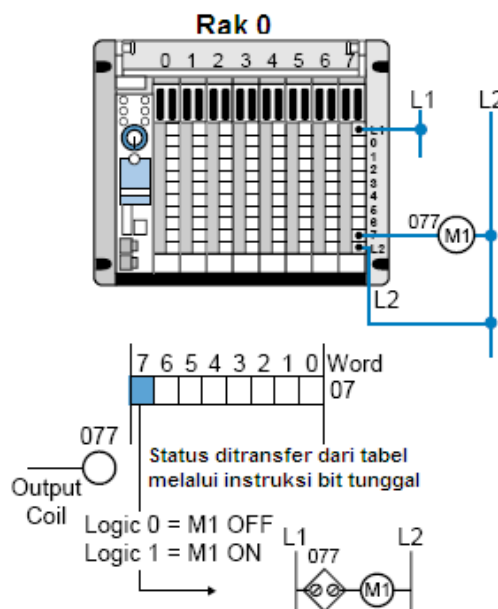
Selama proses antarmuka berlangsung, pengguna harus memperhatikan kemampuan arus minimum dan arus maksimum dari modul maupun peralatan input (untuk sourcing atau sinking). Jika modul memberikan fasilitas pilihan untuk operasi source atau sink melalui saklar selektor, pengguna harus memilih dan menggunakannya dengan benar.

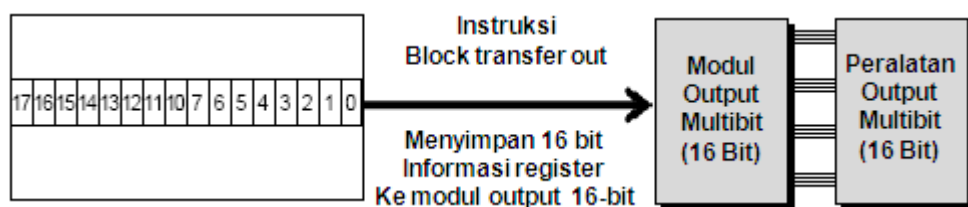
Masalah interface berpotensi akan muncul apabila sebagai contoh modul 8-input telah ditetapkan untuk operasi sink dan seluruh peralatan input kecuali satu dalam konfigurasi source, maka ini akan terjadi masalah. Gambar 2.79 mengilustrasikan sambungan tiga buah peralatan input ke modul input DC dengan dua konfigurasi yaitu: sinking dan sourcing.

Gambar 2. 79 Sambungan peralatan input untuk modul input DC sink/source

Kebanyakan sensor proximity yang digunakan pada input PLC berupa output sensor sinking, oleh karena itu memerlukan modul input sinking. Namun demikian,

jika sebuah aplikasi memerlukan hanya satu output sinking dan PLC telah mempunyai beberapa input sourcing yang tersambung ke modul input, pengguna dapat menggunakan rangkaian seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.80 untuk memberi antarmuka output sinking terhadap modul input sourcing.

Gambar 2. 80 Rangkaian pengubah antarmuka modul output sinking dengan modul input sourcing

E. Instruksi PLC Untuk Output Diskrit

Antarmuka output berupa rangkaian saklar yang disuplai tegangan yang mana status (ON atau OFF)-nya berdasarkan pada bit yang ada di tabel output. Status ini (1 atau 0) di-set selama eksekusi program kontrol dan dikirimkan ke modul output pada akhir dari scan. Jika sinyal dari prosesor 1, maka modul output akan memberikan tegangan suplai ke peralatan output, dan menghidupkan output ON. Jika sinyal yang diterima dari prosesor 0, maka modul akan mematikan peralatan output (lihat gambar 2.81).

Gambar 2. 81 Tabel output 8-bit.

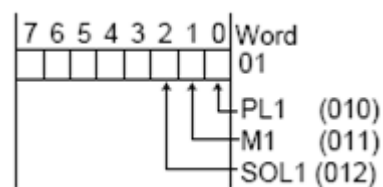
Output yang terdiri dari banyak bit, seperti output register BCD, menggunakan instruksi blok fungsi (lihat gambar 2.82). Instruksi ini berkaitan dengan instruksi input yang digunakan selama pemrograman dan kontrol dari sinyal I/O diskrit.

Gambar 2. 82 Instruksi blok fungsi yang memindahkan isi register ke modul.

Contoh 2-3:

Konfigurasi rak seperti ditunjukkan dalam gambar 2.83, menentukan alamat untuk setiap peralatan output yang dikawati ke hubungan output dalam modul input diskrit 8 bit. Dengan menganggap bahwa empat slot pertama dari 64 I/O PLC diisi dengan output dan empat yang kedua diisi dengan input. Skema pengalamatan mengikuti konvensi hubungan rak-slot, yang mana mulai pada I/O alamat 000.

Gambar 2. 83 Konfigurasi rak untuk contoh 3-1.

Solusi:

Peralatan eksternal I/O dalam modul output diskrit ini akan mempunyai alamat 010 sampai 017 karena modul dilokasikan pada rak 0, nomor slot 1 dan 8 peralatan output dihubungkan ke bit 0 sampai 7. Oleh karena itu, setiap peralatan output akan mempunyai alamat seperti ditunjukkan pada gambar 2.84. PL1 akan diketahui sebagai output 010, M1 sebagai 011, dan SOL1 sebagai 012. Setiap waktu sebuah alamat bit menjadi 1, peralatan yang berkaitan dengan alamt tersebut akan ON.

Gambar 2. 84 Alamat peralatan output untuk output contoh 2-3

Jika M1 dikawati ke hubungan yang lain pada output diskrit yang lain, alamat yang menghidupkan ini On dan OFF akan berubah, oleh karena hanya dapat satu referensi alamat untuk setiap hubungan peralatan output diskrit.

F. Output Diskrit

Peralatan output dengan antarmuka modul output mungkin mempunyai tegangan yang berbeda-beda, oleh karena itu beberapa jenis tegangan kerja diperlukan (120 VAC, 12 VDC). Tabel 2.16 dan 2.17 Contoh dari standar output yang banyak ditemui pada aplikasi.

Tabel 2. 16 Peralatan output.

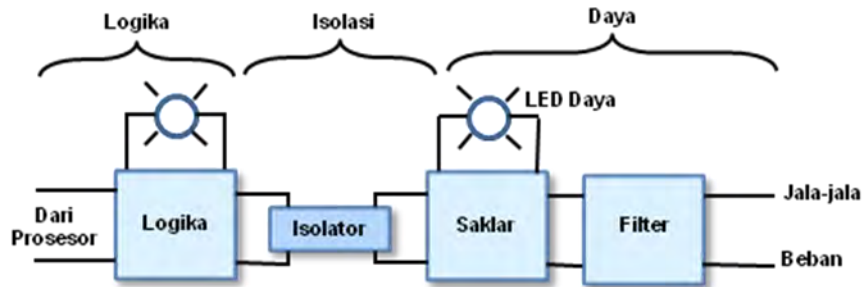
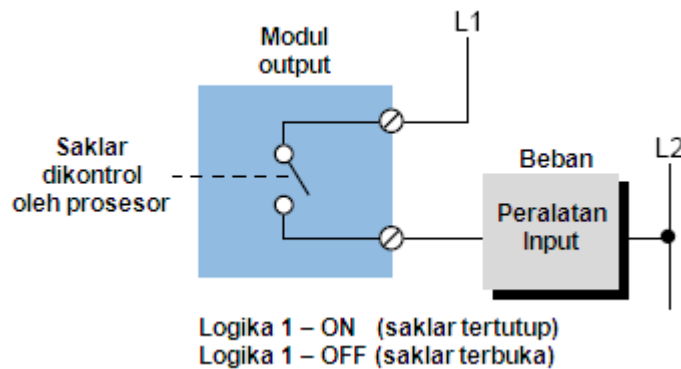
Peralatan Output
Tanda bahaya (alarm)
Kontrol rele
Kipas
Horn
Lampu
Starter motor
Solenoid
Katup

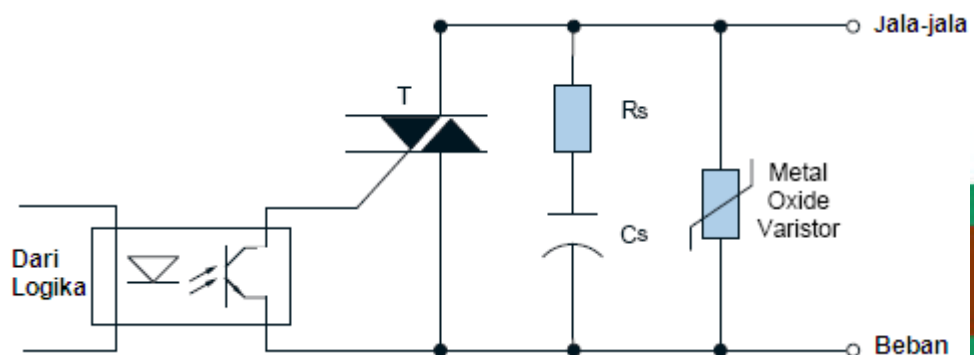
Tabel 2. 17 Rating standar output.

Rating Output
12-48 volt AC/DC
120 volt AC/DC
230 volt AC/DC
Kontak rele
Output terisolasi
Level TTL
5-50 volt DC (sink/source)

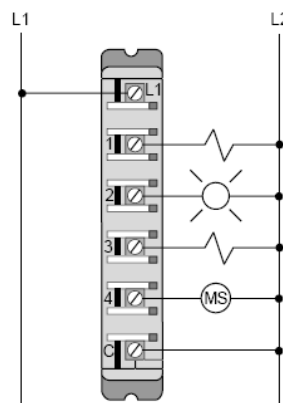
1. Output AC

Rangkaian output AC, seperti rangkaian input sangat bervariasi diantara pembuat PLC, tetapi diagram blok seperti ditunjukkan pada gambar 2.85 menggambarkan konfigurasi secara umum. Konfigurasi blok ini menunjukkanbagian utama dari sebuah modul Output AC. Rangkaian terdiri dari bagian logika dan bagian daya

digandeng oleh rangkaian isolasi. Sebuah antarmuka output dapat dipikirkan sebagai sebuah saklar sederhana (lihat gambar 2.86).

Gambar 2. 85 Diagram blok rangkaian output AC.

Gambar 2. 86 Fungsi saklar sebuah antarmuka output.

Selama beroperasi normal, prosesor mengirimkan sebuah status output berdasarkan pada program logika ke modul. Jjika output akan diaktifkan, bagian logika modul akan mengunci (latch) atau mempertahankan pada status 1. Ini akan mengirimkan sinyal ON melalui rangkaian isolasi dan kemudian memberi tegangan ke peralatan output melalui bagian daya dari modul. Kondisi ini akan tetap ON sepanjang bit yang ada pada tabel output tetap 1. Jika sinyal OFF, maka pada bagian logika akan unlatch (lepas) dan sinyal OFF akan dilewatkan melalui rangkaian isolasi sehingga tidak ada tegangan pada bagian daya, dan ini akan mematikan peralatan output. Gambar 2.87 mengilustrasikan rangkaian output AC.

Gambar 2. 87 Rangkaian output AC.

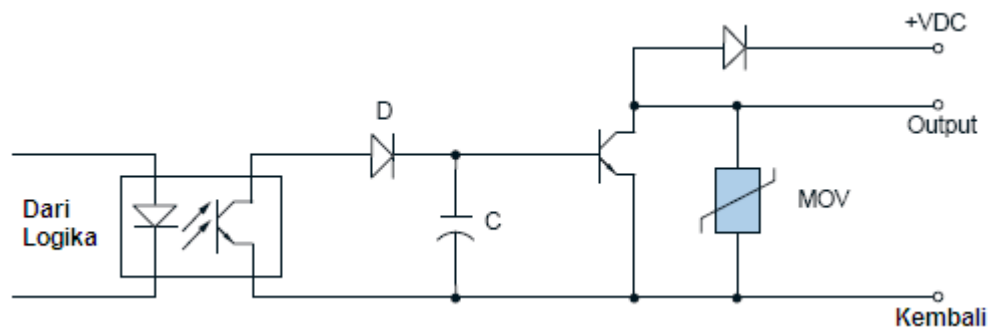
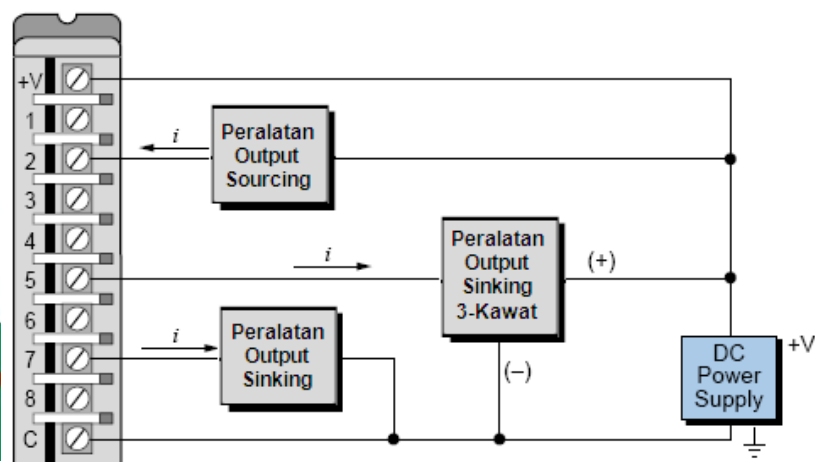
Rangkaian pesaklaran pada bagian daya dari modul output AC biasanya menggunakan TRIAC atau SCR yang berfungsi sebagai saklar. Saklar AC umumnya diamankan dengan RC yang berfungsi untuk membatasi tegangan puncak agar nilainnya di bawah nilai maksimum nominalnya. Rangkaian output AC dilengkapi dengan sekring yang berfungsi untuk mencegah adanya arus lebih yang dapat merusak saklar.

Antarmuka output mempunyai LED untuk mengindikasikan sinyal operasi logika dan rangkaian daya. Gambar 2.88 mengilustrasikan diagram hubungan output AC.

Gambar 2. 88 Diagram hubungan modul output AC

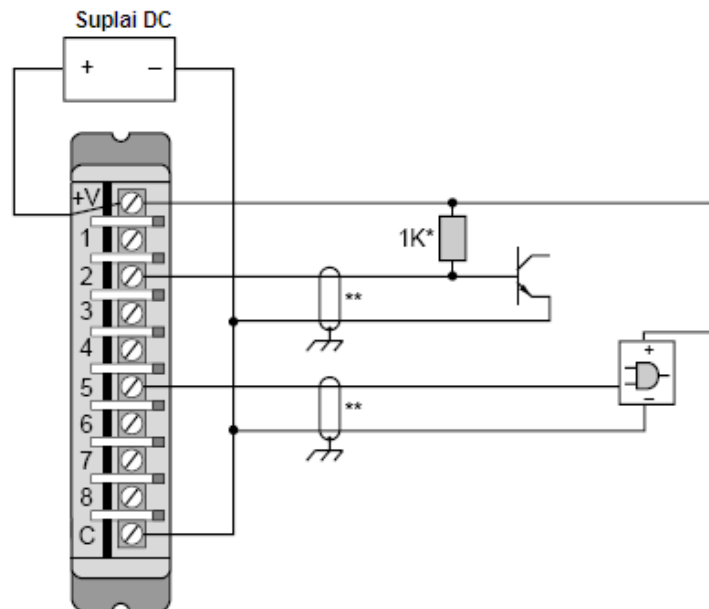
2. Output DC (Sink/Source)

Antarmuka output DC mengontrol beban DC diskrit (ON dan OFF). Operasi dari output DC mirip dengan output AC, hanya pada output DC rangkaian dayanya menggunakan transistor daya untuk mengaktifkan beban.

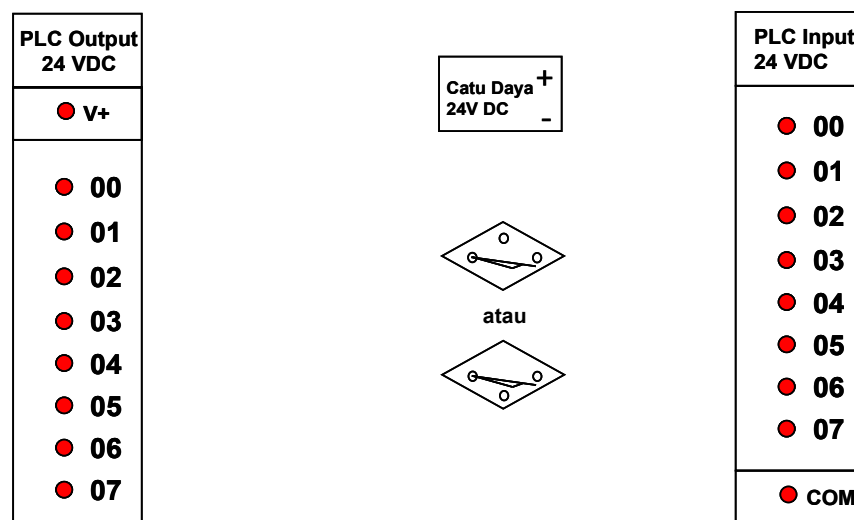
Seperti pada input DC, modul output DC juga ada konfigurasi sinking dan sourcing. Jika modul mempunyai konfigurasi sinking, arus mengalir melalui beban kemudian ke terminal modul. Arus positif mengalir dari beban ke common melalui transistor daya.

Pada konfigurasi modul sourcing, arus mengalir mengalir dari modul ke beban. Gambar 2.89 mengilustrasikan rangkaian output DC sourcing dan gambar 2.90 menunjukkanhubungan peralatan untuk konfigurasi sinking dan sourcing.

Gambar 2. 89 Rangkaian output DC sourcing.

Gambar 2. 90 Diagram sambungan peralatan output untuk modul output sinking/sourcing.

3. Output TTL

Antarmuka output TTL mengizinkan sebuah PLC mengendalikan pralatan output yang kompatibel dengan TTL, seperti tampilan LED seven-segment, IC dan peralatan dengan tegangan 5 VDC. Kebanyakn modul ini memerlukan suplai daya eksternal 5 VDC dengan persyaratan arus yang spesifik, tetapi beberapa diantaranya dilengkapi dengan sumber tegangan internal 5 VDC yang berasal dari rak PLC. Gambar 2.91 menunjukkandiagram hubungan output modul TTL.

Gambar 2. 91 Diagram hubungan modul output TTL

Tugas:

1. Bagaimana modul input dan output bertindak sebagai interface (antarmuka) antara PLC dengan peralatan input.output eksternal?
2. Apa perbedaan antara pengawatan peralatan output sinking dan sourcing?
3. Gambarkan hubungan komponen eksternal input dan output untuk PLC, dengan ketentuan sebagai berikut:
    a. Terminal output PLC dihubungkan ke lampu 24 Vdc dan 220Vdc.
    b. Terminal input PLC diubungkan dengan 2 buah tombol tekan (NO) dan satu buah sensor optik (pilih salah satu PNP atau NPN).

4. Gambar sebual ladder diagram untuk sebuah PLC yang digunakan untuk mengontrol sistem yang terdiri dari 2 buah sensor PNP, sebuah tombol tekan NO, sebuah saklar batas NC, sebuah kontaktor untuk motor AC dan sebuah lampu indikator.

Kegiatan Belajar 5

PEMROGRAMAN PLC

Kompetensi Dasar

1. Mendeskripsikan konfigurasi dan setup PLC
2. Men-Setup PLC

Informasi

Pada unit ini anda akan mempelajari tentang bagaimana membuat program kontrol dan mengoperasikan PLC SLC 500 dan CPM1A.

Pengetahuan ini akan sangat menunjang dalam PLC sebagai alat kontrol. Disamping itu juga dapat memberikan pengetahuan awal tentang pembuatan program kontrol PLC yang merupakan dasar untuk dapat membuat program yang lebih komplek dalam aplikasi kontrol.

Tujuan

Setelah selesai mempelajari unit ini siswa dapat:

1. Menjelaskan konsep file yang dipakai untuk menyimpan program PLC.
2. Membuat file prosesor (program kontrol) dengan menggunakan software APS dan CX-Programmer.
3. Menjelaskan hubungan antara I/O eksternal dengan prosesor (CPU).
4. Membuat pengalamatan (addressing) I/O eksternal.
5. Menjelaskan pengertian tentang scan program.
6. Menjelaskan pengertian tentang diagram ladder.
7. Membuat diagram ladder.
8. Menjelaskan cara memasukkan program ke PLC.
9. Melakukan download file prosesor ke PLC.

10. Melakukan test program.
11. Menggunakan software CX-Programmer untuk membuat program kontrol.
12. Membuat dan menguji program kontrol aplikasi sederhana menggunakan instruksi bit, timer dan counter.
13. Melakukan pengawatan (wiring) PLC

Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari unit ini anda harus terlebih dahulu memiliki pengetahuan tentang:

1. Dasar-dasar pengoperasian komputer.
2. Dasar-dasar teknologi kontrol (rele)
3. Hardware PLC.

Persyaratan Lulus

Unutk dapat lulus dari unit ini anda harus telah mengerjakan seluruh latihan dengan benar, dan telah pula mengerjakan test dengan skor minimum 70.

Uraian Materi Pembelajaran 5

Bahasa pemrograman yang digunakan pada PLC telah berkembang sejak awal PLC digunakan sebagai alat control untuk aplikasi industry sekitar tahun 1960-an. Dengan menggunakan bahasa pemrograman ini memungkinkan pengguna dapat memasukkan program kontrol ke dalam PLC dengan menggunakan sintak yang telah ditetapkan.

Sekarang bahasa pemrograman sudah lebih maju dan mempunyai instruksi baru yang lebih serbaguna. Instruksi baru ini mempunyai kemampuan komputasi yang lebih baik untuk operasi tunggal yang ditampilkan oleh instruksi itu sendiri. Sebagai contoh sekarang PLC dapat memindahkan blok dari data dari lokasi memori ke lokasi yang lain, sementara pada waktu yang bersamaan sedang melakukan operasi aritmatik pada blok yang lain, sehingga sebagai hasilnya dengan adanya instruksi yang baru ini program kontrol dapat menangani data dengan lebih mudah.

Sebagai tambahan terhadap instruksi pemrograman yang baru, pengembangan modul I/O juga berubah karena adanya instruksi yang baru ini. Perubahan ini termasuk juga kemampuan dalam mengirim data ked an dari modul. Sebagai contoh, PLC sekarang dapat membaca dan menulis data ke dan dari modul analog. Semua kemajuan ini terkait dengan kebutuhan industri yang membutuhkan instruksi yang lebih baik, lebih mudah, lebih kompak, dan berorientasi pada fungsi program PLC.

PLC ada dan dibuat diperuntukan buat insinyur tanpa memerlukan pengetahuan tentang pemrograman (low atau high level language). Oleh karena itu bahasa ladder dibuat sebagai bahasa penulisan pemrograman yang digunakan untuk menulis program kontrol yang akan dimasukan ke PLC, bahasa ini kemudian dapat diubah kedalam kode mesin oleh perangkat lunak. Metoda penulisan program ini banyak diadopsi oleh pabrik pembuat PLC sesuai dengan versinya masing-masing.

A. Bahasa Pemrograman

Standar IEC 1131-3 menetapkan dua buah bahasa pemroraman berbasis grafis dan dua buah bahasa pemrograman berbasis teks:

Bahasa pemrograman berbasis grafis:

- Ladder diagram (LD)
- Function blok diagram (FBD).

Bahsa pemrograman berbasis teks:

- Instruction list (IL)
- Structured text (ST)

Sebagai tambahan standar IEC 1131 memasukkan bahasa pemrogramn yang berorientasi pada obyek yang disebut dengan Sequential Function Chart (SFC). SFC kadang dikategorikan sebagai bahasa IEC 1131-3. Struktur bahasa pemrograman SFC banyak mirip dengan jenis pemrograman flowchart, tetapi bahasa ini menggunakan bahasa yang berbeda dan rute program kontrol yang berbeda juga. Struktur SFC sebetulnya standar bahasa pemrgraman yang berasal dari Negara Perancis yang disebut dengan Grafcet (IEC 848).

Standar IEC 1131-3 adalah sebuah metoda pemrograman blok dalam bentuk grafik atau orientasi abyek. Dengan menggunakan bahasa pemrograman ini bagian dari program control dapat digrupkan, sehingga bagian program control tersebut dapat dengan mudah dikaitkan dengan bagian-bagian program kontrol yang lain.

1. Instruction List

Selaian bahasa ladder metoda pemrograman dengan instruction list (IL) juga dapat digunakan sebagai alat untuk menulis program kontrol yang nantinya dimasukan ke memori PLC. Pada pemrograman dengan menggunakan metoda instruction list ini terdiri dari beberapa instruksi, yang mana setiap instruksi ditempatkan pada sebuah garis. Sebuah instruksi terdiri dari sebuah operator yang kemudian diikuti dengan

satu atau lebih operand (subyek operator). Oleh karena itu pada metoda pemrograman ini mengunakan kode-kode mnemonic, setiap kode terkait dengan sebuah elemen operator. Kode yang digunakan untuk setiap pabrik pembuat PLC berbeda-beda, untuk mengatasi hal diusulkan standar IEC 1131-3 sekarang kode-kode mnomenic standar ini telah secara luas diadopsi dan digunakan. Tabel 2.18 menunjukkanbeberapa kode yang dipakai oleh beberapa pembuat PLC dan standar yang diusulkan ()EC 1131-3)

Sebuah conoh penulisan proram dengan menggunakan metoda IL berdasarkan standar IEC 1131-3:

```
LD    A   (*Load A*)
AND   B   (*AND B*)
ST    Q   (* simpan hasil di Q)
```

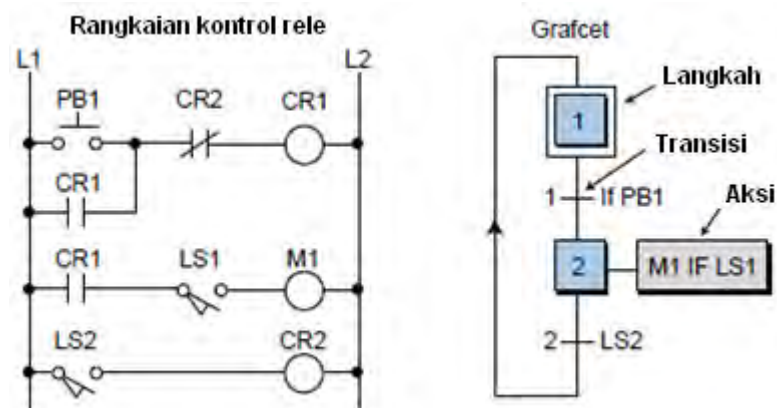
Tabel 2. 18 Kode bahasa pemrograman instruction list

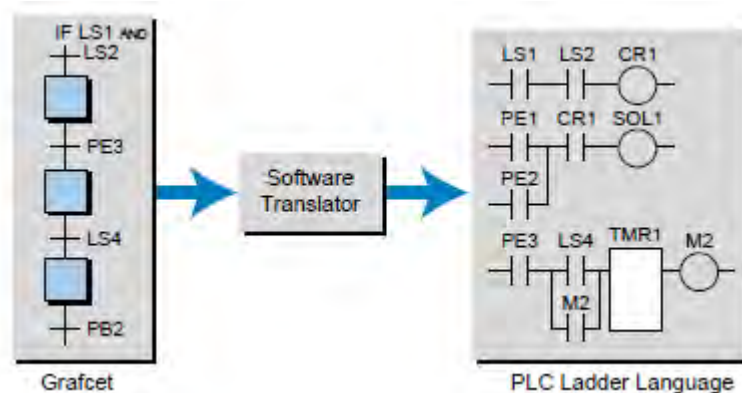
Operator IEC 1131-3	Mitsubishi	OMRON	Siemens/ Telemecanique	Operasi	Diagram Ladder
LD	LD	LD	A	Load operand ke dalam register	Mulai sebuah rung dengan kontak NO
LDN	LDI	LD NOT	AN	Load operand negative ke dalam register	Mulai sebuah rung dengan kontak NC
AND	AND	AND	A	AND (bool)	Menghubungkan seri dengan kontak NO
ANDN	ANDI	AND NOT	AN	AND dengan operand negative	Menghubungkan seri dengan kontak NC
OR	OR	OR	O	OR (bool)	Menghubungkan parallel dengan kontak NO
ORN	ORI	OR NOT	ON	OR dengan operand negative	Menghubungkan parallel dengan kontak NC
ST	ST	OUT	=	Menyimpan hasil ke dalam operand	Output

Pada garis pertama dari program LD adalah operator, A adalah operand dan word (kata) dalam kurung diakhir garis yang diawali dengan tanda (*) berupa keterangan tambahan yang digunakan untuk menerangkan operasi (bukan bagian dari program). Garis berikutnya adalah operasi AND dari A dan B. garis terakhir adalah hasil yang disimpan di Q (output).

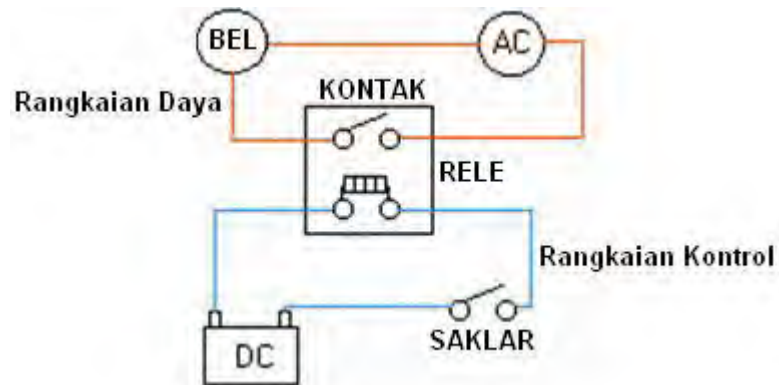
2. Grafcet

Grafcet adalah sebuah bahasa pemrograman berbasis grafik yang merepresentasikan program kontrol berupa langkah-langkah dari mesin atau proses. Grafcet ini dijadikan sebagai dasar bahasa pemrograman standar IEC 1131 sequential function chart (SFC)

Gambar 2.92 mengilustrasikan sebuah rangkaian sederhana yang direpresentasikan dalam bahasa pemrograman grafcet. Pada bahasa pemrograman grafcet menampilkan flowchart yang merepresentasikan suatu kejadian pada setiap tahapan dari program kontrol. Bagan atau diagram ini menggunakan tiga komponen, yaitu: langkah, transisi, dan aksi untuk merepresentasikan kejadian sama seperti yang digunakan pada bahasa pemrograman SFC (standar IEC 1131).

Gambar 2. 92 Logika kontrol rele dan representasi Grafcet-nya

Hanya sedikit PLC yang dapat secara langsung deprogram dengan menggunakan grafcet. Oleh karena itu beberapa pembuat perangkat lunak Grafcet menyediakan pemrograman Grafcet secara *off-line* dengan menggunakan kpmputer pribadi. Sekali program kontrol telah deprogram menggunakan komputer pribadi, instruksi Grafcet dapat ditransfer ke PLC melalui penterjemah atau driver yang menterjemahkan program Grafcet ke dalam diagram ladder atau program bahasa *Boolean*. Dengan menggunakan metode ini pembuat perangkat lunak Grafcet dapat menyediakan fasilitas yang memungkinkan untuk digunakan pada PLC yang berbeda dengan bahasa yang sama. Gambar 2.93 Mengilustrasikan penterjemah ketika menggunakan bahasa pemrograman Grafcet.

Gambar 2. 93 Penterjemahan dari bahasa pemrograman Grafcet ke bahasa Ladder.

3. Diagram Ladder Rele

Untuk mengerti pemrograman PLC diagram ladder rele, mari kia mulai dengan kasus yang sederhana dari sebuah sistem kontrol rele. Disini kita dapat berpikir adalah sebuah saklar magnit-listrik. Kumparan rele yang dieri tegangan akan menghasilkan medan maknit. Medan maknit ini akan menarik kontak dari rele yang menyebabkan kontak akan terhubung dan kontak ini dipertimbangkan sebagai sebuah saklar. Saklar tersebut dapat mengalirkan arus listrik diantara dua titik terminalnya dengan dimikian tercipta rangkaian tertutup (lihat gambar 2.94).

Gambar 2. 94 Diagram ladder rele

Sekarang kita ambil sebuah contoh kontrol bel, kita akanmembunyikan bel ketika saklar tertutup seperti ditunjukkan pada gambar 2.94. Disini kita mempunyai tiga buah bagian atau komponen, yaitu: saklar, rele dan bel ketika saklar tertutup maka ada arus yang mengalir melalui saklar menuju ke bel yang mengakibatkan bel berbunyi. Rangkaian di bawahnya mengindikasikan rangakian kontrol DC. Di bagian atas mengindikasikan rangkaian daya AC, disini kita menggunakan kontrol DC untuk mengontrol rangkaian AC. Ketika saklar terbuka tidak ada arus yang mengalir ke kumparan rele dan ketika saklar tetutup maka aka nada arus yang mengalir ke kumparan rele, sehingga akan terbangkit medan magnit. Medan magnit ini kan mengakibatkan kontak rele tertutup. Sekarang arus listrik AC mengalir ke bel dan bel berbunyi. Gambar 2.95 menunjukkancontrol sebuah gambar rele yang umum digunakan di industri.

Gambar 2. 95 Rele industri

Selanjutnya kita akan mengganti sistem kontrol rele dengan sistem kontrol PLC dengan menggunakan logika ladder rele. Namun demikian PLC tidak mengerti diagram ladder ini, untuk itulah diperlukan perangkat lunak yang digunakan untuk mengubah diagram ladder ini ke dalam kode-kode yang bisa demengerti oleh PLC

PLC tidak mengerti istilah-istilah seperti saklar, rele, bel dsb. Ia hanya mengerti input, output, kumparan, kontak dsb. PLC tidak memperdulikan apa peralatan actual input atau output. Ia hanya memperdlikan inpit dan output-nya.

Pertama kita ganti batere dengan sebuah simbol dan simbol ini umum digunakan pada semua diagram ladder, yaitu: berupa garis vertikal yang diletakkan pada sisi sebelah kanan dan kiri dan ini biasa disebut dengan istilah bus-bar atau power line. Sekarang kita bayangkan bahwa garis yang berada pada sisi sebelah kiri menjadi penghantar yang bertegangan positif (+) dan garis yang berada pada sisi sebelah kanan adalah penghantar yang bertegangan tegangan (-) atau nol atau ground, selanjutnya kita berpkir bahwa logika akan mengalir dari kiri ke kanan. Sekarang diantara garis-garis tersebut kita beri sisbol-simbol input. Pada contoh disini kita mempunyai sebuah input berupa saklar yang akan disambungkan ke diagram. Berikut adalah symbol kontak dari rele. seperti ditunjukkan pada gambar 2.96.

Gambar 2. 96 Simbol kontak rele

Berikutnya sekarang kita beri simbol output pada diagram. Pada contoh ini kita gunakan satu buah output berupa bel. Disini kita beri simbol output yang pada dasarnya secara fisik tersambung dengan bel. Gambar 2.97 menunjukkangambar simbol yang digunakan sebagai kumparan output.

Gambar 2. 97 Simbol rele output

Instruksi Dasar Logika Ladder Rele

Instruksi Input:

Kontak Normally Open

Kontak Normally Closed

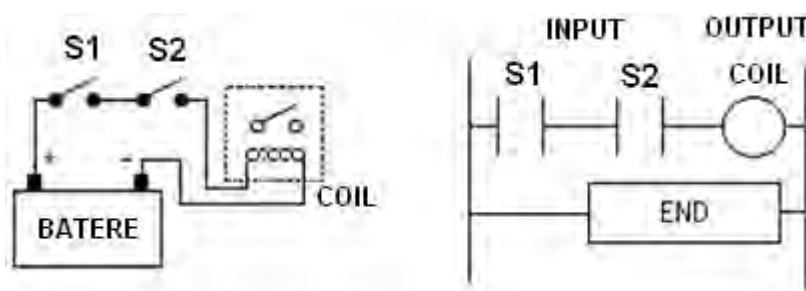
Instruksi Output:

Normally Open Relay

Normally Closed Relay

Gambar 2. 98 Insruksi Utama pada logika ladder rele

Contoh 2-4:

Perhatikan gambar logika ladder untuk rangkaian kontrol seperti ditunjukkan pada gambar 2.99 berikut ini.

Gambar 2. 99 Kontrol dan logika ladder rele untuk operasi Boolean AND

B. Instruksi Lader Rele Pada PLC

Instruksi rele ladder adalah instruksi dasar dalam diagram ladder, instruksi ini merepresentasikan status ON/OFF dari input dan output yang dihubungan pada diagram ladder. Instruksi rele ladder menggunakan dua jenis symbol, yaitu: kontak dan kumparan. Kontak merepresentasikan kondsi input yang harus dievaluasi pada rung untuk menentukan kontrol output. Kumparan merepresentasikan output rung-nya.

Dalam sebuah program, setiap kontak dan kumparan mempuyai referensi alamat, alamat ini mengidetifikasi apa yang akan dievaluasi dan apa yangakan dikontrol. Nomor atau kode alamat mengacu pada lokasi table I/O dimanan input/output disambungkan. Kontak yang merepresentasikan input/output atau output internal dapat diguakan untuk program kontrol setelah sebelumnya dievaluasi terlebih dahulu.

Format dari kontak rung dalam program PLC tegantung pada keinginan logika kontrol. Kontak mungkin ditempatkan secara seri, parallel atau campuran seri parallel untuk mengontol output. Ketika logika melalui kontak memberikan alur berkelanjutan dari rel sebelah kiri sampai ke rel sebelah kanan, maka disini rung dinyatakan dalam kondisi „true‟. Rung dalam kondisi „true‟ ini akan mengontrol output dan sebaliknya jika logika tidak memberikan alur yang berkelanjutan maka disini rung dalam kondisi „false‟.

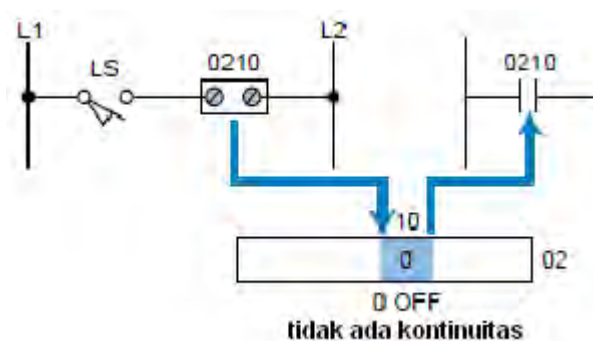
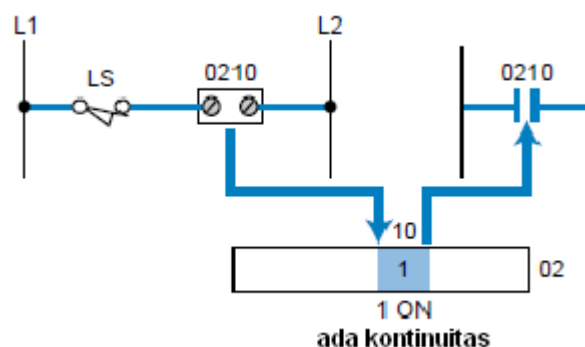
Tabel 2. 19 Instruksi rele ladder

Ladder Relay Instructions (Purpose: To provide hardwired relay capabilities in a PLC)		
Instruction	**Symbol**	**Function**
Examine-ON/Normally Open	─┤ ├─	Tests for an ON condition in a reference address
Examine-OFF/Normally Closed	─┤/├─	Tests for an OFF condition in a reference address
Output Coil	─( )─	Turns real or internal outputs ON when logic is 1
NOT Output Coil	─(/)─	Turns real or internal outputs OFF when logic is 1
Latch Output Coil	─(L)─	Keeps an output ON once it is energized
Unlatch Output Coil	─(U)─	Resets a latched output
One-Shot Output	─(OS)─	Energizes an output for one scan or less
Transitional Contact	─┤↑├─	Closes for one scan when its trigger contact makes a positive transition

Jenis instruksi rele yang tercakup berikut ini adalah merupakan instruksi dasar yang digunakan pada PLC.

Normally Open (NO)

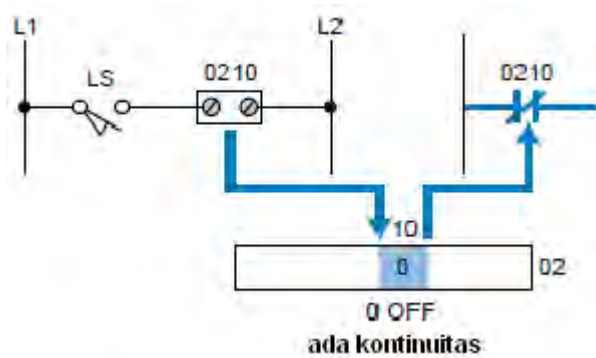
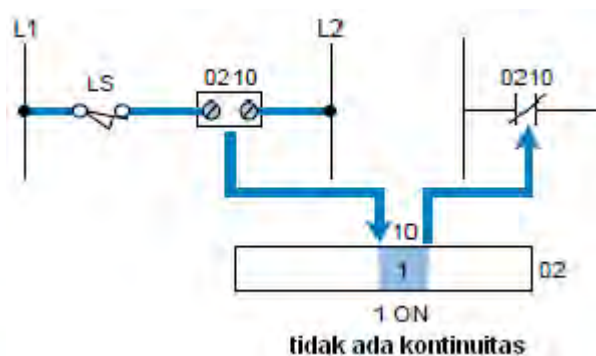
Instruksi NO menguji kondisi ON pada sebuah referensi alamat. Referensi alamat ini dapat merupakan: sebuah bit table input yang terkait dengan peralatan input, sebuah bit output pada penyimpan bit internal dari table data atau sebuah output bit table output yang terkait dengan peralatan output.

Selama eksekusi instruksi I/O prosesor PLC menguji referensi alamat dari istruksi tersebut untuk kondisi ON. Jika referensi alaat logikanya „0" (OFF) prosesor tidak akan mengubah pernyataan dari kontak NO tersebut, sehingga tidak ada kontinuitas pada rung tersebut lihat gambar 2.100 . Jika referensi alamat logikanya „1" (ON), prosesor PLC akan menutup kondisi NO dan menjadikan alra daya mengalir pada rung tersebut.

(b)

Gambar 2. 100 (a) Instruksi NO dengan logika '0' dan (b) Instruksi NO dengan logika '1'

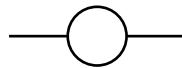
Normally Closed

Instruksi NC menguji kondisi OFF dari referensi alamat tersebut. Seperti pada instruksi NO, alamat dapat berupa referensi table input, table output atau bagian penyimpan bit internal dari table output.

Selama eksekusi sebuah instruksi NC, prosesor PLC menguji referensi alamat untuk kondisi OFF. Jika referensi alamat mempunyai logika „0‟ (OFF), instruksi akan melanjutkan aliran daya melalui kontak NC lihat gambar 2.101 (a). Jika referensi alamat mempunyai logika „1‟ (ON), instruksi akan membuka kontak instruksi NC, sehingga akan memutus kontinuitas rung. Sebuah instruks NC dapat juga diasosiasikan sebagai logika fungsi NOT, dengan demikian jika referensi alamat adalah NOT ON, maka logika kontinuitas akan berlanjut.

(a)

(b)

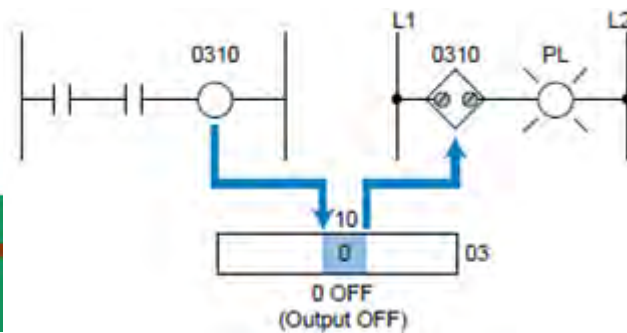
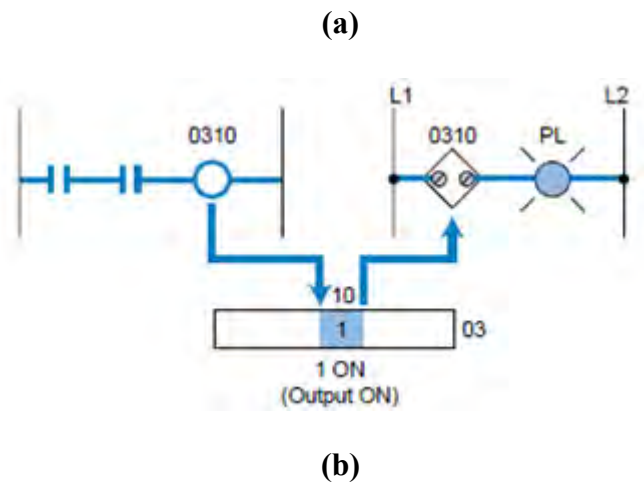
Gambar 2. 101 (a) Instruksi NC dengan logika '0' dan (b) Instruksi NC dengan logika '1'

Kumparan Output

Instruksi kumparan output mengontrol output riil (output yang tersambung ke PLC lewat antarmuka otput) atau sebuah ouput internal. Instruksi ini menggunakan sebuah alamat bit kumparan output dalam area penyimpan internal. Symbol dari instruksi kumparan output adalah seperti ditunjukkan pada gambar 2.102.

Gambar 2. 102 Kumparan output

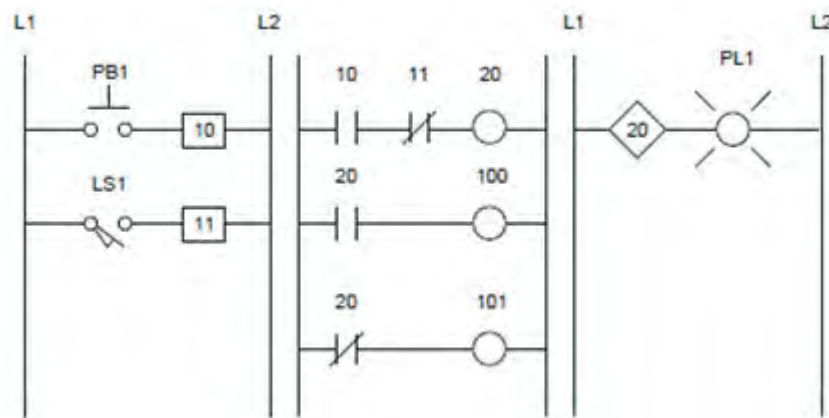
Selama eksekusi instruksi kumparan output berlangsung, prosesor aan mengevaluasi semua kondisi input pada rung dari ladder. Jika tidak ada kontinuitas, prosesor akan memberikan indikasi „0" pada alamat bit kumparan output. Dan ini mengindikasikan kondisi OFF dari instruksi kumparan output lihat gambar 2.103 (a). Jika prosesor mendeteksi alur kontinuitas ini berarti rung dalam kondidi „true" dan akan member logika „1"pada kumparan output dengan alamat yang diacu oleh instruksi tesebut lihat gambar 2.103 (b) . Status logika „1"ini mengindikasikan ON pada instruksi kumparan output. Oleh karena itu, jika alamat kumparan output mengacu pada sebuah bit output pada table output, prosesor akan menghidupkan output tersebut dan selanjutnya juga ini menghidupkan peralatan output yang terhubung ke terminal yang diacu oleh alamat kumparan output. Ingat. Bahwa prosesor akan menghidupkan peralatan output hanya seteah program ladder secara lengkap dipecahkan (di-scan) dan output diperbaharaui (di-update) pada akhir dari scan.

(a)

(b)

Gambar 2. 103 (a) Instruksi kumparan output dengan logika '0' dan (b) Instruksi kumparan output dengan logika '1'

Ketika sebuah kumparan output digunakan sebagai kontrol internal, alamat kumparannya adalah alamat penyimpan bit internal. Dalam kasus ini, ketika kumparan output ON, maka bit yang terdapat di area penyimpanan bit internal logikanya menjadi „1‟. Internal output ini digunakan ketika program memerlukan interlock dan tidak memerlukan output riil (yang terkait dengan peralatan output). Gambar 2.104 mengilustrasikan sebuah contoh diaram ladder sederhana dengan menggunakan kontak NO dan NC untuk mengendalikan sebuah output rung.

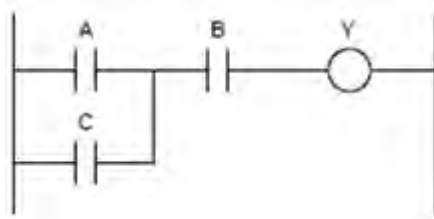
Output 20 akan ON, jika: (1) PB1 ditekan untuk menghidupkan input 10 dan (2) saklar batas LS1 harus dalam keadaan tidak aktif untuk menjaga referensi inut 11 tetap OFF. Dalam kasus ini, prosesor menguji input 10 pada kondisi ON dan input 11 dalam kondisi OFF, dengan demikian kalau memang setelah diuji kondisi input ON dan kondisi output OFF, maka output dengan alamat 20 akan kerja(energized). Dengan

output ON, kontak NO dengan alamat 20 akan menutup dan akan menghidupkan output internal 100. Sedangkan kontak NC dengan alamat 20 akan OFF (karena status output 20 dalam kondisi ON) dan selanjutnya internal output 101 OFF. Pada akhir scan, lampu indicator (PL1) akan menyala karena prosesor akan mengirim sinyal 1 ke modul output dan akan memberikan logika 1, dan akan tetap pada kondisi logika „1" sepanjang output 20 masih tetap ON. Output 100 dan 101 tidak mengontrol peralatan output riil karena referensi output tersebut adalah bit internal yang tidak dipetakan pada table I/O.

Gambar 2. 104 Kontak NO dan NC yang mengendalikan kumparan output riil dan internal.

Kumparan Not Output

Instruksi kumparan NOT OUTPUT adalah berlawanan dengan instruksi kumparan output. Jika tiadak ada kontinuitas di rung instruksi NOT OUTPUT akan kerja (energized). Jika ada kontinuitas justru sebaliknya instrusi NOT OUTPUT akan OFF. Jika kumparan NOT OUTPUT ON, kontak-kontak yang mengacu pada instruksi ini akan berubah keadaanya (kontak NO akan tertutup dan kontak NC akan terbuka). Jika kumparan NOT OUTPUT OFF, maka akan terjadi sebaliknya (kontak NO akan tetap terbukan dan kontak NC akan tetap tertutup).

Contoh 2-5:

Buat ekuivalen logika rung ladder seperti ditunjukkan pada gambar 2.105, dengan mengunakan instruksi kumparan NOT OUTPUT dan logika NOT „Y" tanpa menggunakan kumparan NOT.

Gambar 2. 105 Rung dari ladder untuk contoh 2-5

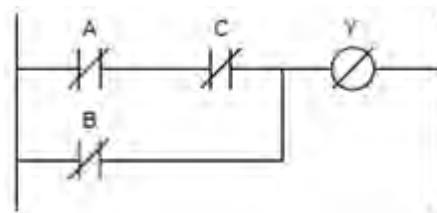
Solusi:

(a) Ekspresi ladder yang direpresentasikan kedalam persamaam logika, adalah:

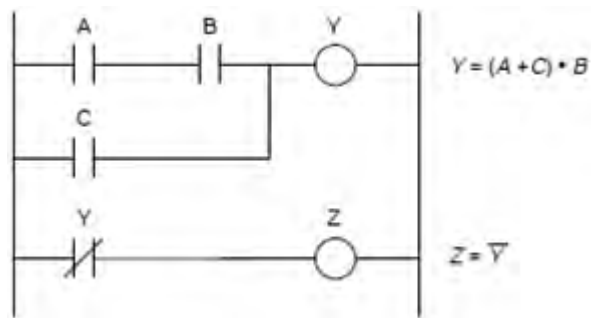
$$Y = (A+C) . B$$

Dengan menggunakan hokum De Morgan , fungsi NOT „Y" dapat diekspresikan:

$$\begin{aligned}\overline{Y} &= \overline{(A+C).B} \\ &= \overline{(A+C)} + \overline{B} \\ &= \overline{A}.\overline{C} + \overline{B}\end{aligned}$$

Gambar 2.106 menunujukan pemakaian logika ini menggunakan kumparat NOT OUTPUT. Output Y akanON jika A dan B ON atau C dan B ON. Ingat bahwa NOT OUTPUT akan ON jika tidak ada kontinuitas dan OFF jika ada kontinuitas.

Gambar 2. 106 Implementasi gambar 2.105 dengan menggunakan kumparan NOT

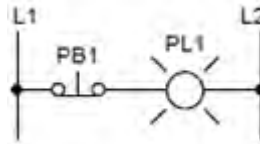
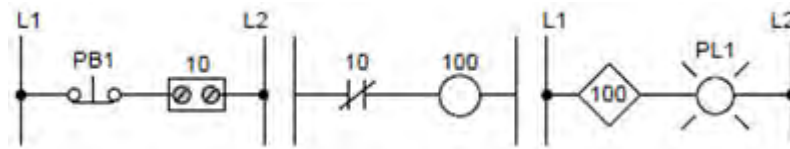
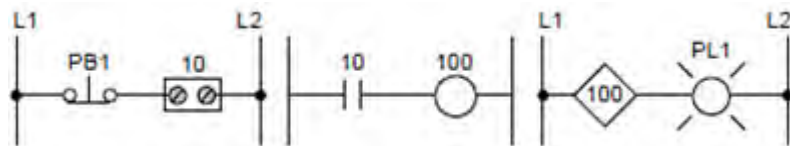
(b) Cara yang paling mudah untuk mengimplementasikan sebual fungsi logika NOT dalam rung seperti pada gambar 2.106 akan menggunakan rung yang

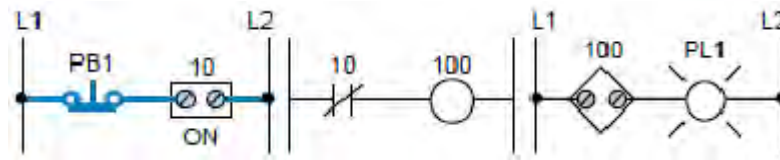
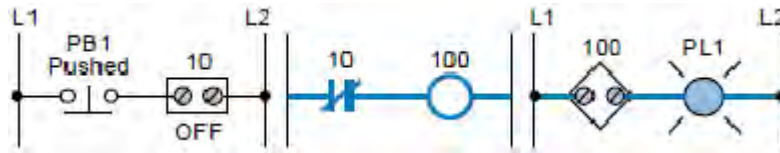
sama , kecuali output Yyang akan jadi sebuah kumparan NOT. Jika kita tidak dapat menggunakan sebuah kumparan NOT, kita dapat mengimplementasiknan NOT dengan menambahkan runs seperti ditunjukkan pada gambar 2.107 . Disini output Z merupakan implementasi dari kumparan NOT OUTPUT „Y".

Gambar 2. 107 Implementasi logika NOT Y tanpa kumparan NOT

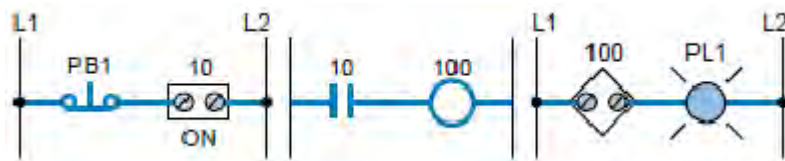
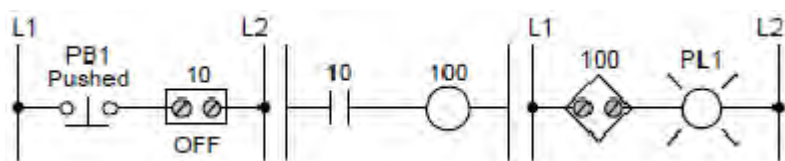
C. Pemrograman Input Normally Closed (NC)

Sejauh ini kita menghidari peralatan input yang tersambung ke terminal modul input adalah peralan input dengan kontak NC. Alasannya adalah karena sederhana dan tidak menimbulkan kebingungan. Untuk mengerti bagaimana program apabila peralatan input dengan kontak NC adalah cukup sulit pada awalnya.

Untuk menjelaskan bagaimana memprogram input NC, kita lihat pada contoh berikut. Dengan menganggap kita ingin mengimplementasikan logika yang identik dengan rangkaian kontrol rele seperti ditunjukkan pada gambar 2.108, dengan mengimplementasikan logika yang sama berarti bahwa lampu indikator PL1 pada PLC harus mempunyai logika yang sama dengan rangkaian kontrol rele, jika PB1 tidak ditekan, PL1 akan ON, jika PB1 ditekan PL1 akan OFF.

Gambar 2.109 dan 2.110 menunjukan dua kemungkinan metoda yang digunakan untuk pemograman PB1 dan mengimplementasikannya dalam logika. Sepintas kalau kita perhatikan pada gambar 2.109 kita berpikir itu adalah solusinya, padahal itu tidak benar, yang benar adalah seperti yang ditunjukan pada gambar 2.110

Gambar 2. 108 Rangkaian kontrol rele

Gambar 2. 109 Implementasi logika dengan PB1 yang diprogram sebagai kontak NC.

Gambar 2. 110 Implementasi logika dengan PB1 diprogram sebagai kontak NO.

Pada gambar 2.111 referensi alamat dari PB1 (input 10) deprogram sebagai kontak NC yang mengendalikan kumparan 100, yang mana ini disambungkan ke lampu indikator PL1. Ketika PLC diposisikan pada mode run, maka PLC akan membaca status dari peralatan yang tersambung pada alamat input 10 dan menyimpan datanya pada table input. Jika PB1 tidak ditekan, prosesor PLC membaca input 10 dan memberikan logika 1. Selama eksekusi logika ladder PLC akan mengevaluasi instruksi NC, dan jika referensi input 10 „ON", maka akan membuka kontak NC , sehingga memutuskan kontinuitas, sehingga Output 100 kemudian akan OFF, dan PL1 tidak akan meyala. Sebaliknya, jika PB1 ditekan modul input pada lokasi 10 akan memberikan logika 0 dan referensi alamat 10 kontaknya tertutup, sehingga ada kontinuitas di rung dan output 100 akan ON dan PL1 juga ON.

Gambar 2. 111 Daya mengalir melalui rangkaian seperti ditunjukkan pada gambar (b) (a) PB1 tidak ditekan dan (b) PB1 ditekan.

Pada gambar 2.112 kondisi input NC telah diprogram sebagai instruksi NO. selama beropersi jika PB1 tidak ditekan, modul input 10 akan dibaca pada status kondisi ON. Ketika prosesor PLC mengevaluasi rung, hasil pengujian dari kondisi ON pada referensi alamat 10 adalah „TRUE". Oleh karena itu, kontak 10 akan menutup dan memberikan daya ke rung, sehingga mengidupkan output 100 dan PL1 ON. Sebaliknya, jika PB1 ditekan, input akan mempunyai status OFF dan prosesor akan menyimpan logika „0" di table input. Selama evaluasi dari rung, prosesor akan mendapatkan hasil pengujian dari kondisi ON pada alamat referensi 10 menjadi OFF (input 10 OFF), dan kontinuitas tiak akan terjadi karena kontaknya masih teap terbuka, dengan demikian output 100 dalam keadaan OFF dan PL1 juga OFF.

Gambar 2. 112 Daya mengalir melalui rangkaian seperti ditunjukkan pada gambar (a)

(a) PB1 tidak ditekan dan (b) PB1 ditekan.

Solusi pemrograman untuk hubungan input NC seperti ditunjukkan pada gambar 2.112 adalah sebuah contoh untuk peralatan input yang mempunyai kontak NC ketika dihubungkan, maka harus deprogram sebagai sebuah instruksi kontak NO. Input diskrit ke PLC dapat dibuat untuk beraksi sebagai kontak NC sebagaimana aslinya. Kemampuan untuk menguji sebuah peralatan tungga untuk keadaan terbuka atau tertutup adala kunci dari kefleksibelan PLC, tidak merupakan masalah bagaimana beralatan dirangkai dan dikawati (NO atau NC),PLC dapat deprogram untuk menampikan aksi sesuai dengan keinginan tanpa mengubah pengawatan. Ingat bahwa pernyataan pemrograman dari sebuah input tergantung tidak hanya pada bagaimana peralatan dikawati, tetapi juga pada aksi kontrol yang diinginkan. Contoh erikut menunjukkansebuah kasus yag mana pemrograman PLC dari sebuah tombol tekan dengan dua buah kontak yang berbeda tergantung pada kontak yang mana yang dihubungkan ke modul.

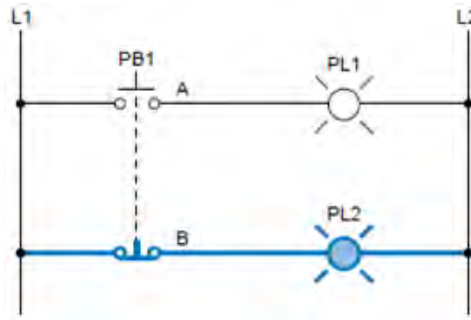
Contoh 2-6:

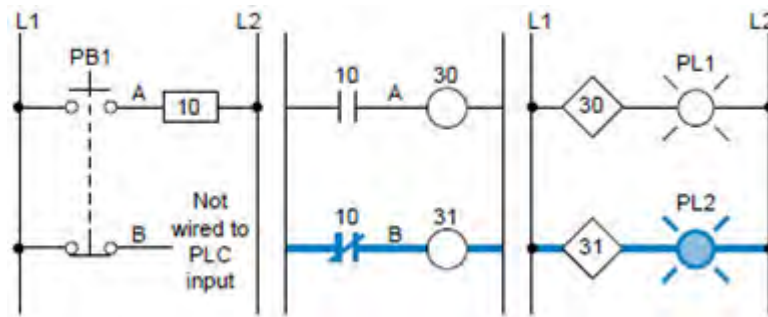
Gambar berikut menunjukkanimplementasi logika kontrol rele yang hanya menggunakan hanya satu buah tombol tekan. Jelaskan operasi dari rangkaian kontrol tersebut.

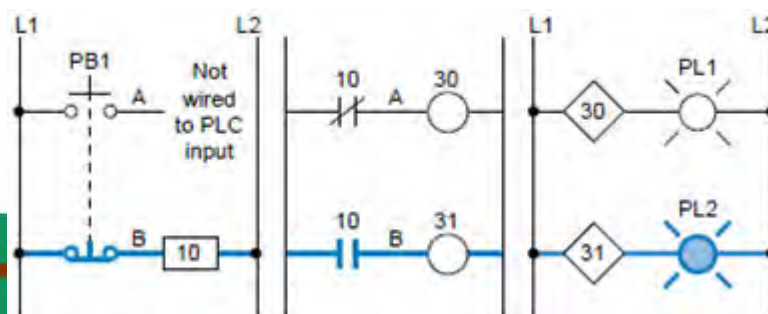
(a) kontak NO dihubungkan ke modul input

(b) kontak NC dihubungkan ke modul input.

Solusi:

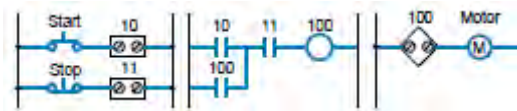
(a) Berdasakan gambar 2.113 tersebut, maka jika PB1 tidak ditekan PL1 harus OFF dan PL2 harus ON. PL2 ON karena kontak yang lain dari PB1 memberi daya ke PL2. Kita dapat mengawati dua hubungan yang mana saja (A atau B) ke modul input untuk memenuhi logika yang dikehendaki. Ingat bahwa kita dapat membuat kontak apa saja beraksi sebagai yang kita inginkan dalam program PLC apakah itu NO atau NC.

Gambar 2. 113 Logika kontrol rele untuk contoh 2-6

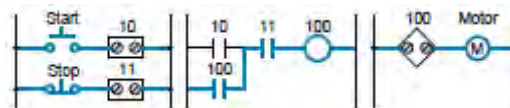
(b) gambar 2.114 menunjukkansolusi untuk hubungan kontak NO. Instruksi NO mengendalikan PL1 dan instruksi NC mengendalikan PL2. Ketika PB1 tidak ditekan, PL1 akan OFF dan PL2 ON. Tombol tekan PB1 pada rung pertama terpasang dan beraksi sebagai tombol tekan NO dan pada rung kedua beraksi sebagai tombol tekan NC.

Gambar 2. 114 Implementasi NO dari gambar 2.113

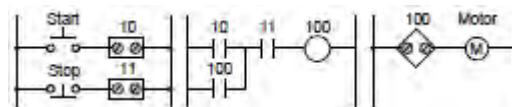
(b) Gambar 2.115 menunjukkansolusi rangkaian untuk hubungan kontak NC. Pada solusi ini, instruksi NC mengendalikan PL1. Selama operasi PB1 akan memberikan daya ke input jika tidak ditekan, oleh karena itu referensi alamat 10 logikanya adalah „1". Kontak NC dengan alamat 10 akan terbuka sepanjang PB1 tidak ditekan dan menjaga PL1 (output 30) tetap OFF. Pada rung kedua instruksi NO mengendalikan output PL2 (31) akan tetap tertutup sepanjang PB1 tidak ditekan. Pada rung pertama terpasang tombol tekan yang beraksi sebagai NO, sementara pada rung kedua beraksi sebagai NC.

Gambar 2. 115 Implementasi NC pada dari gambar 2.113

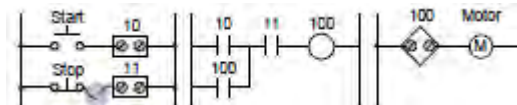
Seperti diilustrasikan pada contoh sebelumnya, input NO dapat deprogram di PLC untuk menjadi seperti peralatan yang mempunyai kontak NC dan sebaliknya. Oleh karena itu untuk alas an keamanan, peralatan input NC harus dikawati ke modul input sebagai peralatan NC dan kemudian deprogram untuk beraksi sebagai peralatan NC. Pengawatan peralatan NO tidak boleh deprogram untuk beraksi sebagai peralatan NC, khususnya jika akan digunakan untuk memutus kontinuitas ketika peralatan ditekan atau ditutup.

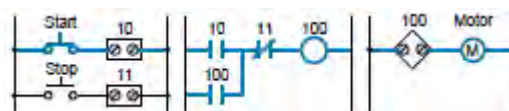
Gambar 2.16 menunjukkansebuah contoh tombol tekan STOP dengan kontak NC yang digunakan untuk memberhentikan aliran daya ke motor. Selama operasi, ketika tombol tekan „START" ditekan, maka kontak internal motor (100) tertutup dan motor akan ON (lihat gambar 2.116). Kontak NC tombol tekan „STOP" akan memutus kontinuitas daya ke motor melalui kontak kumparan output, hanya dengan menekan tombol tekan „STOP" inilah motor dapat dihentikan (lihat gambar 2.117). Akan tetapi jika kabel penghubung dari kontak tombol tekan ke modul input terputus, rangkaian motor juga akan terputus (lihat gambar 2.119).

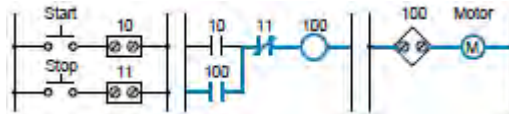
Operasi logika yang sama juga dapat diperoleh denggan menggunakan tombol tekan PB dengan kontak NO dan mengimplementasikannya sebagai rangkaian NC dalam program PLC lihat gambar 2.120. Ketika tombol tekan „START" ditekan, motor ON, jika tombol tekan „STOP" ditekan, motor OFF (lihat gambar2.121). Namun demikian tidak ada jalan untuk menghentikan motor jika kawat penghubung tombol tekan yang menuju ke terminal kita putus (lihat gambar 2.123). Hanya ada satu cara untuk menghentikan motor yaitu dengan mematikan seluruh daya yang diberikan ke sisitem PLC.

Gambar 2. 116 Tombol stop kontak NC

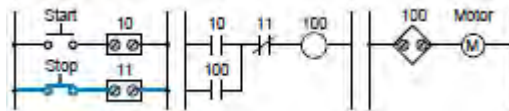
(a) tombol tekan NC diprogram sebagai NO. kontak 100 digunakan sebagai sebuah interlock dengan tombol tekan start setelah tombol start ditekan. Ketika tombol tekan start ditekan, motor ON.

Gambar 2. 117 Tombol stop ditekan

(b) Setelah tombol tekan start ditekan dan dilepas lagi, motor masih tetap ON.

Gambar 2. 118 Motor tetap ON

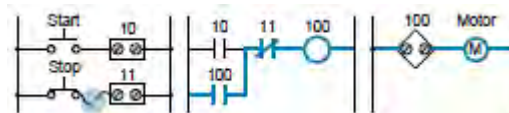
(c) jika tombol tekan stop ditekan sementara motor dalam keadaan ON, maka motor akan OFF

Gambar 2. 119 Kabel penghubung kontak NC putus

(d) jika hubungan tombol tekan stop putus sementara motor ON, motor akan tetap ON.

Gambar 2. 120 Tombol tekan stop NC diprogram sebagai NO

(a) Tombol tekan stop NO diprogram sebagai NC. Ketika tombol tekan strat ditekan, motor ON

Gambar 2. 121 Tombol start ditekan

(b) Setelah tombol start ditekan dan dilepas lagi, motor masih teap ON

Gambar 2. 122 Motor tetap ON ketika tombol start dilepas

(c) Jika tombol tekan stop ditekan sementara motor ON, maka motor akan OFF

(d) Jika hubungan tombol tekan stop putus sementara motor ON, dengan menekan tombol tekan stop, maka motor tidak akan OFF. Ini adalah situasi yang berbahaya.

Gambar 2. 123 Kabel penghubung kontak NO putus

D. Pemrograman Timer dan Counter

Timer dan counter PLC adalah instruksi internal yang berfungsi sama seperti perangkat keras timer pada umumnya. Timer akan atif atau tidak aktif setelah interval waktu tertentu terlampaui atau hitungan waktu telah tercapai nilai preset-nya. Instruksi timer dan counter umumnya dilengkapi dengan internal output.

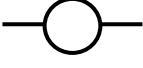
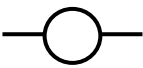
Instruksi timer mungkin mempunyai satu atau lebih dengan apa yang disebut dengan dasar waktu (time base) time base adalah merupakan resolusi atau akurasi dari timer. Sebagai contoh, jika timer menginginkan di-set pada rentang waktu 10 detik, maka kita

harus memilih jumlah waktu dari dasar waktu yang harus dihitung hingga mencapai 10 detik. Oleh karena itu, jika timer mempunyai time base 1 detik, kemudian timer harus menghitung 10 kali sebelum timer mengaktifkan outputnya. Time base yang umum digunakan adalah 0.01 detik, 0,1 detik dan 1 detik. Table 2.20 menunjukkanjumlah hitungan yang diperlukan untuk mencapai 10 detik dengan time base yang berbeda-beda.

Tabel 2. 20 Dasar waktu

Waktu Yang Dikendaki	Jumlah Hitungan	Time Base
10 detik	10	1,00
10 detik	100	0,10
10 detik	1000	0,01
Waktu yang dikehendaki = jumlah hitungan x time base		

Timer digunakan dalam aplikasi untuk melakukan penundaan pada sebuah output dalam program. Aplikasi timer PLC dilapangan sangat banyak sejak timer ini telah menggantikan perangkat keras timer dalam system kontrol. Sebagai contoh mungkin timer digunakan untuk kontrol tunda waktu 0,01 detik, maka disini program kontrol memerlukan tunda waktu karena PLC menghidupkan outputnya sangat cepat jika dibandingkan dengan perangkat keras timer berbasis rele.

Instruksi counter digunakan untuk minghitung kejadian, seperti komponen atau benda yang lewat di konveyor, jumlah berapa kali solenoid ON dan sebagainya. Counter sama dengan timer, yaitu mempunyai dua nilai: nilai preset dan nilai akumulasi. Nilai ini disimpan dalam lokasi register atau word dalam table data. Nilai preset adalah jumlah target hitungan yang harus dicapai sebelum timer atau counter outputnya ON.

Nilai akumulasi adalah jumlah hitungan yang setelah counter selesai menghitung selama counter beroperasi.

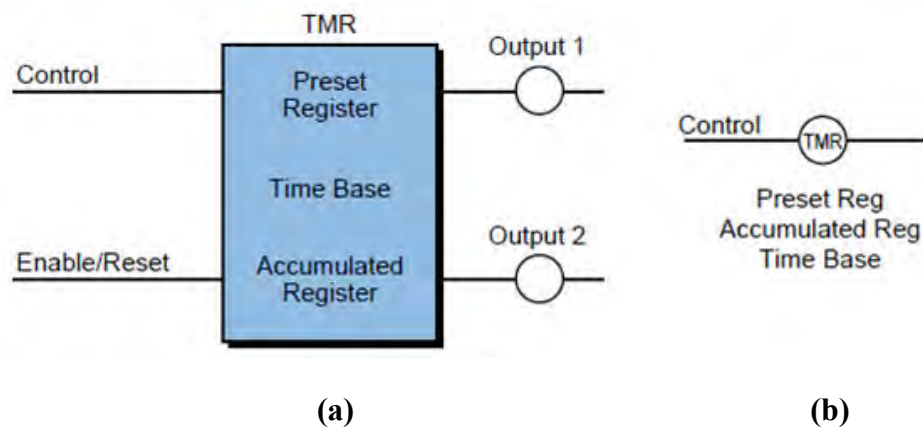
Nilai preset disimpan dalam sebuah register, sementara nilai yang terakumulasi tersimpan pada register akumulasi. Kedua register tersebut harus didefinisikan selama pemrograman dari instruksi timer tersebut.

1. Instrukasi Timer

PLC menyedakan beberapa jenis instruksi timer. Namun demikian beberapa pabrik pembuat PLC mempunyai definisi yang berbeda untuk setiap jenis fungsi timer.

Tabel 2. 21 Instruksi Timer

Instruksi Timer		
Instruksi	Simbol	Fungsi
ON – Delay Energize	TON	Mengaktifkan output flag setelah perioda waktu yang telah ditetapkan (ketika logikanya timer „1")
ON – Delay De-energize	TON	Menonaktifkan output flag setelah perioda waktu yang telah ditetapkan (ketika logikanya timer „1")
OFF – Delay Energize	TOF	Mengaktifkan output flag setelah perioda waktu yang telah ditetapkan (ketika logikanya timer „0")
OFF – Delay De-energize	TOF	Menonaktifkan output flag setelah perioda waktu yang telah ditetapkan (ketika logikanya timer „0")
Rententive ON – Delay	RTO	Mengaktifkan output flag setelah perioda waktu yang telah ditetapkan (ketika logikanya timer „1") dan kemudian mempertahankan nilai akumulasinya
Rententive Timer Reset	RTR	Me-reset nilai akumulasi dari retentive timer

Fungsi dari beberapa macam instruksi timer pada dasarnya sama, perbedaannya hanya pada jenis output yang disediakan. Gambar 2.124 mengilustrasikan dua buah format yang digunakan untuk timer. Sebuah blok format timer mempunyai satu atu dua buah input, tergantung pada PLC. Input ini disebut dengan contro line (garis kontrol) dan reset line. Jika control line „TRUE" dan reset line juga „TRUE", maka blok fungsi akan mulai menghitung waktu. Sebuah format ladder timer umumnya mempunyai hanya satu input, yaitu control line. Jika control line ON, maka timer akan mulai menghitung waktu.

Gambar 2. 124 (a) Instruksi timer format blok dan (b) Instruksi timer format ladder

Kedua jenis format timer tersebut adalah sama-sama menggunakan register preset untuk mempertahankan nilai preset-nya dan sebuah register akumulasi untuk menyimpan nilai akumulasinya. Beberapa PLC mengijinkan pengguna untuk memasukkan nilai konstanta secara langsung ke timer untuk men-set nilai preset-nya. Oleh karena itu, nilai ini harus dimasukan kedalam register untuk alamat spesifik timer.

Dasar waktu (time base) dari timer dapat dipilh tergantung pada time base yang digunakan dalam PLC tersebut (0,01 detik, 0,1 detik, atau 1 detik). Jika nilai akumulasi hitungan sama dengan hitungan nilai preset-nya, timer akan mengeksekusi fungsi waktunya dan men-set kondisi outputnya, yang mana tergantung pada jenis timer yang digunakan.

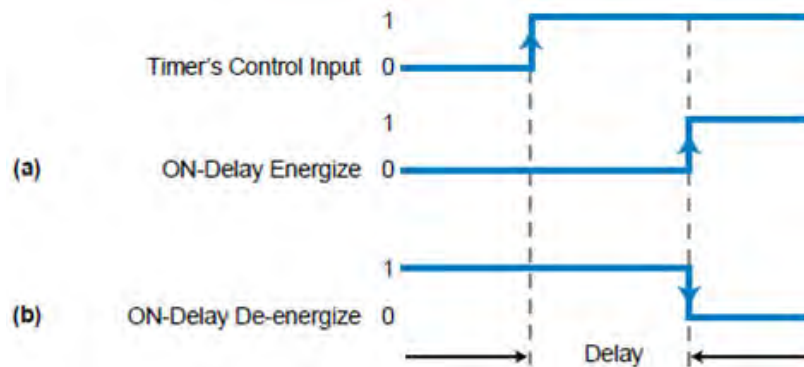
TON Energize

Sebuah instruksi output ON-delay (TON) menyediakan aksi tunda waktu, sekali di rung ada kontinuitas, timer mulai menghitung interval time base dan menghitung sampai akumulasi waktu sama dengan waktu preset-nya. Ketika kedua nilai tersebut sama, timer akan mengaktifkan outputnya dan akan menutup kontak yang terkait dengan alamat output timer tersebut.

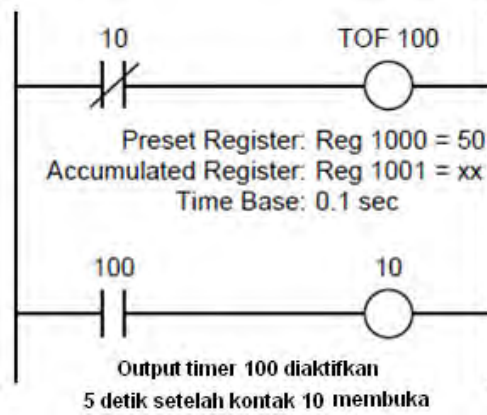
Gambar 2. 125 Instruksi timer ON-delay energize

TON De-Energize

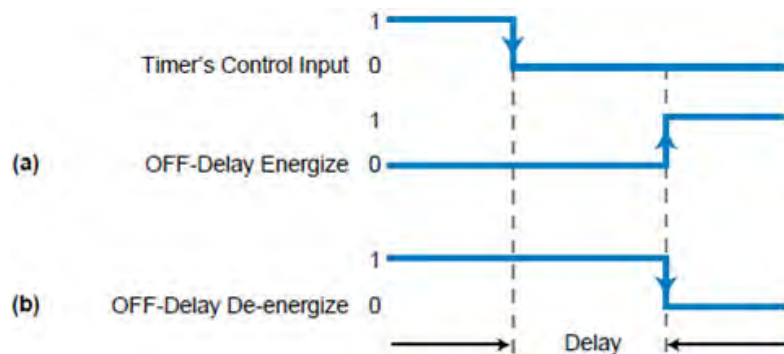
Sebuah instruksi TON de-energize beroperasi mirip dengan instruksi TON energize, bedanya bahwa outut timer ini sudah ON. Instruksi ini output-nya tidak aktif apabila di rung ada kontinuitas dan interval waktunya telah berakhir (nilai

register akumulasi = nilai register preset-nya). Gambar 2.26 mengilustrasikan sebuah diagram waktu untuk kedua jenis timer tersebut.

Gambar 2. 126 Diagram waktu untuk (a) timer ON-delay energize dan (b) timer ON-delay de-energize.

TOF Energize

Instruksi output TOF energize menyediakan aksi tunda waktu. Jika rung tidak mempunyai kontinuitas, timer mulai penghitungan interval time-base sampai nilai waktu akumulasi sama dengan nilai preset yang diprogramkan. Ketika nilai ini sama, timer mengaktifkan output tunda waktu (delay) yang terkait dengan output timer tersebut (lihat gambar 2.127). Kontak tunda waktu dapat digunakan di dalam program baik berupa NO maupun NC. Jika kontinuitas terjadi sebelum mencapai waktu preset-nya, nilai akumulasiny kembali ke nol.

Gambar 2. 127 Instruksi timer OFF-delay energize

TOF De-Energize

Instruksi TOF de-energize mirip dengan TOF energize, namun demikian output timer ini ON dan akan di non-aktifkan ketika rung kehilangan kontinuitas dan interval waktu telah berakhir (nilai register akumulasi = nilai register preset). Gambar 2.128 menunjukkandiagram waktu untuk kedua jenis TOF tersebut.

Gambar 2. 128 Diagram waktu untuk (a) timer OFF-delay energize dan (b) timer OFF-delay de-energize.

Retentive TON

Instruksi output timer retentive ON-delay (RTO) digunakan jika nilai akumulasi timer harus mempertahankan meskipun kontinuitas atau dayanya hilang. Jika alur rung mempunyai kontinuitas logika, timer mulai menghitung interval time-base sampai waktu akumulasi sama dengan nilai preset-nya. Register akumulasi mempertahankan nilai yang terakumulasi ini, meskipun daya atau logika

kontinuitas hilang sebelum waktu timer berakhir. Ketika waktu yang terakumulasi sama dengan waktu preset-nya, timer mengaktifkn output dan menghidupkan (ON) kontak tunda waktu yang terkait dengan output. Kontak timer ini dapat digunakan program baik kontak NO atau NC-nya. Retentive timer reset me-reset nilai akumulasi dari timer retentive.

Retentive Tmer Reset

Instruksi output retentive timer reset (RTR) adalah hanya cara untuk secara otomatis mereset nilai akumulasi dari timer retentive. Jika pada rung terdapat logika kontinuitas, kemudian instruksi ini me-reset nilai akumulasi dari retentive timer menjadi nol (alamat retentive reset timer akan sama dengan alamat instruksi output timer retentive).

Berikut ini adalah instruksi timer yang mengacu pada dua buah merek PLC Siemens dan OMRON:

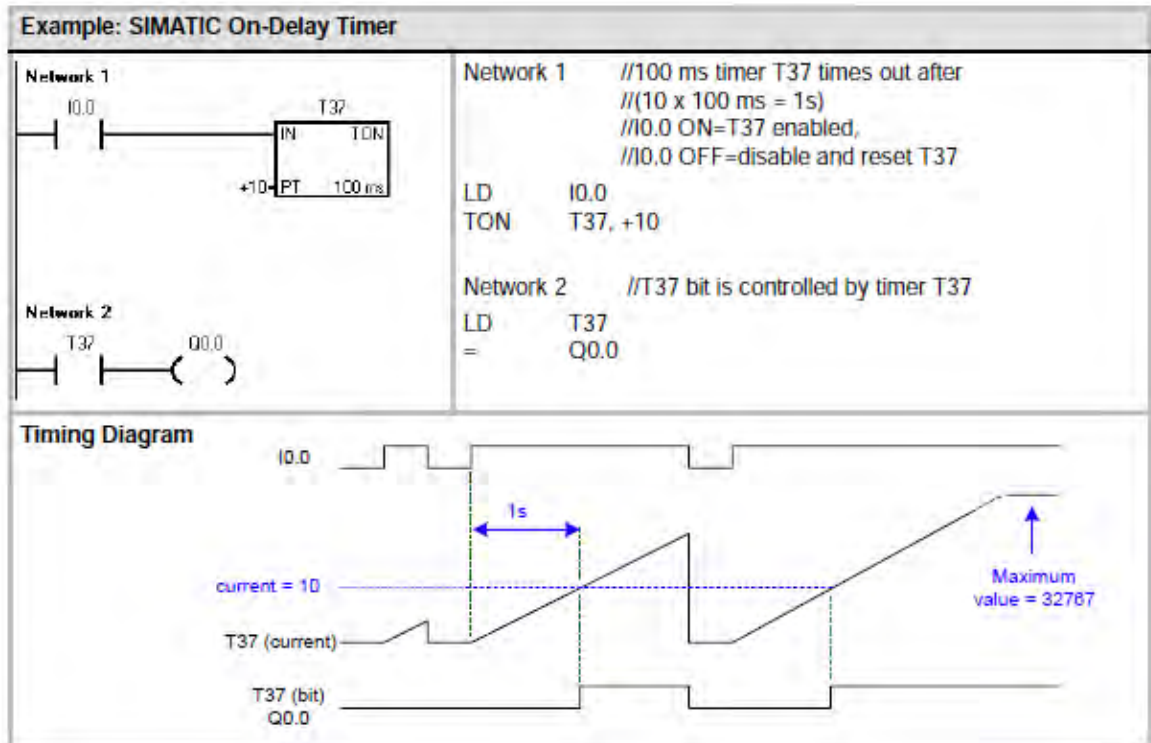
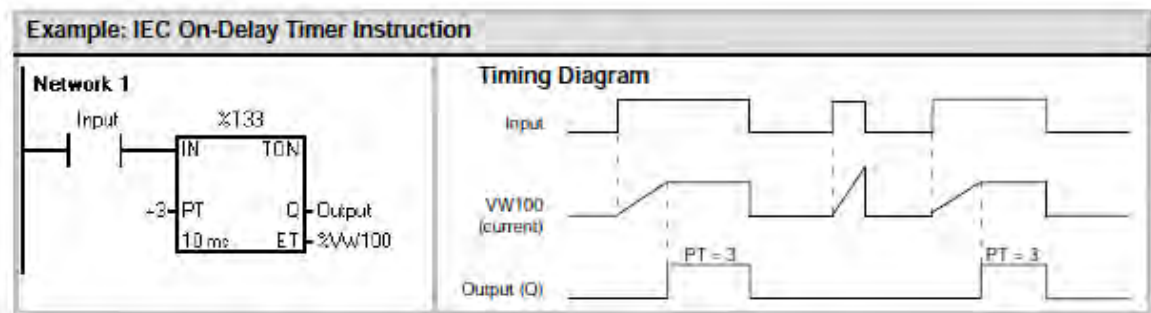
a. Instrusi Timer (Siemens S7-200)

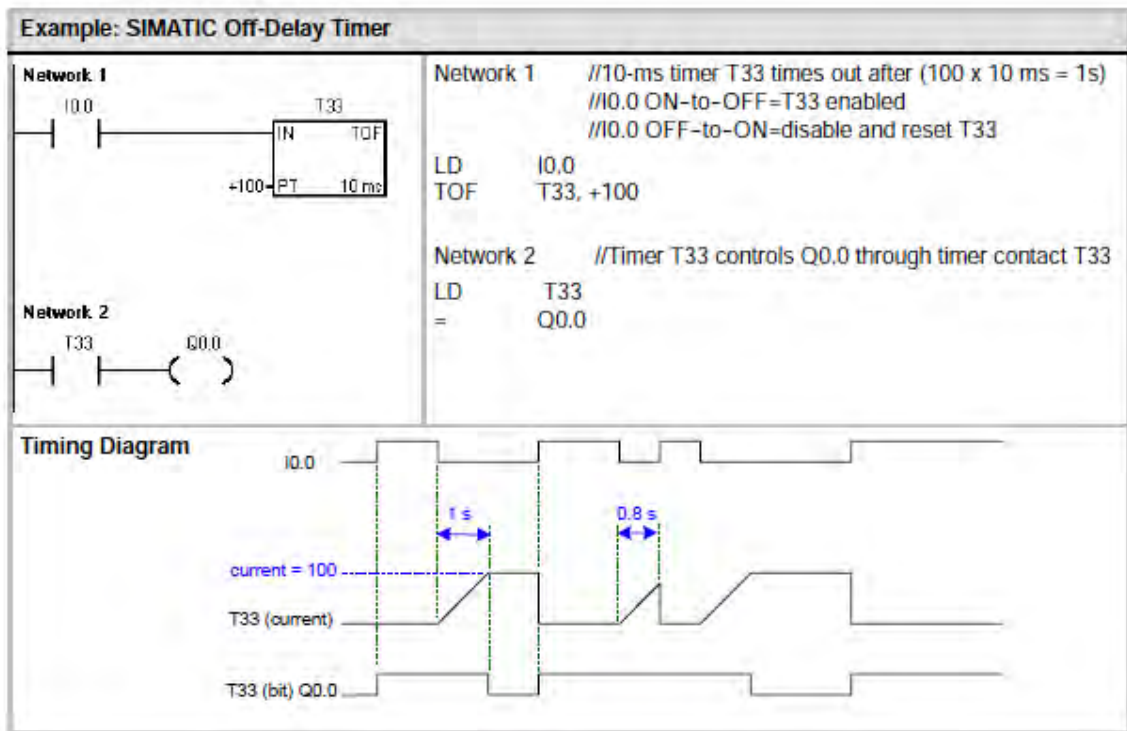
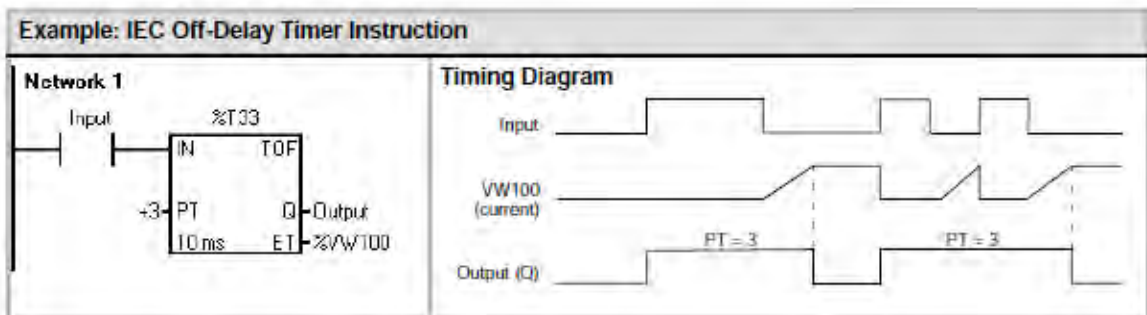
   Timer dengan resolusi 1 mdetik, bit dari timer dan nilai saat ini di perbaharui secara tidak serempak dalam suatu siklus scan. Untuk scan yang melebihi 1 mdetik, bit timer dan nilai saat ini diperbaharui beberapa kali secara lengkap dalam siklus scan.

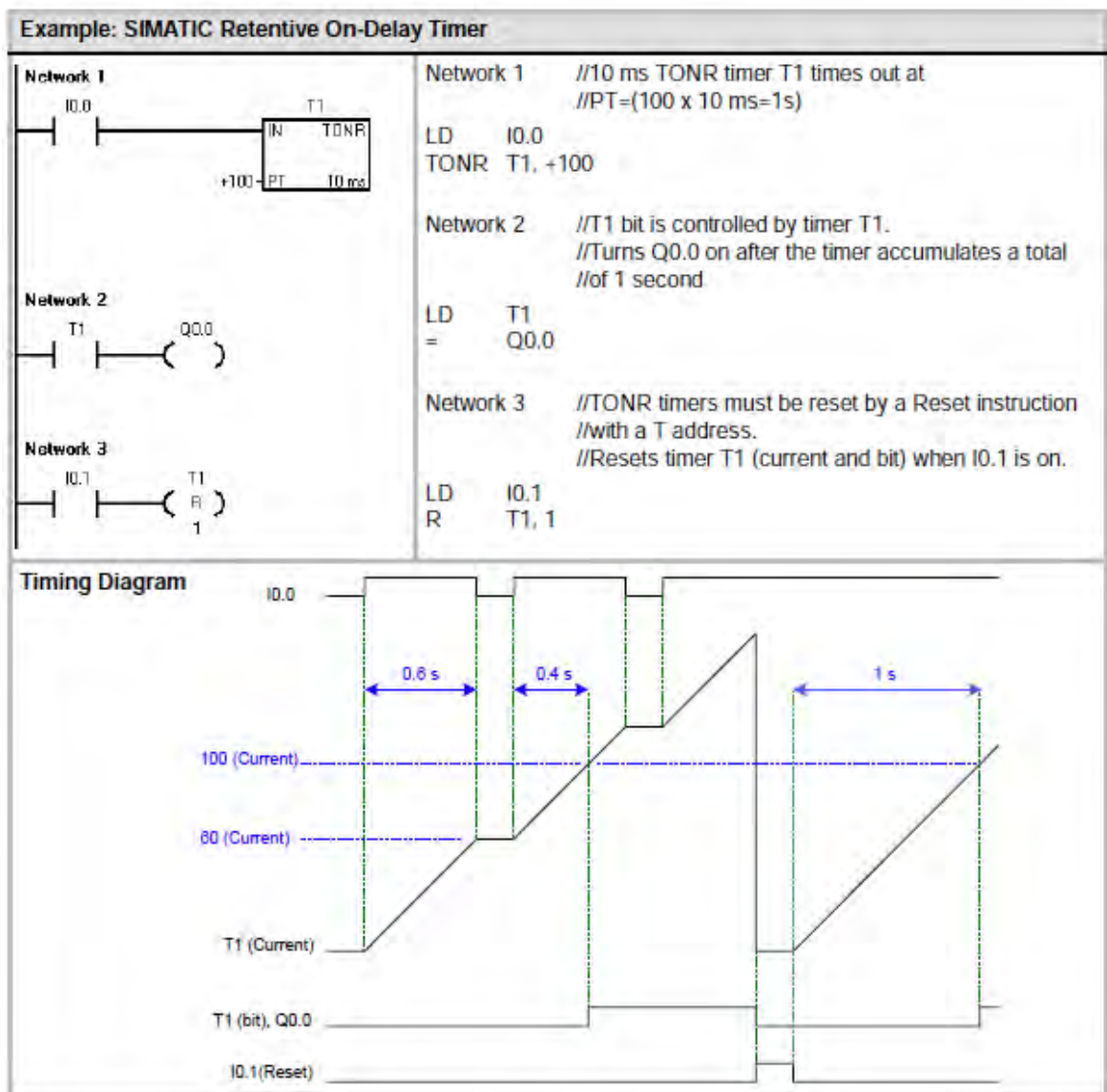
   Untuk timer dengan resolusi 10 mdetik, bit timer dan nilai saat ini diperbaharuhi pada saat awal setiap siklus scan. Bit timer dan nilai saat ini tetap konstan selama satu siklus scan dan interval waktu yang terakumulasi selama scan ditambahkan ke nilai pada saat mulai dari setiap scan.

   Untuk timer dengan resolusi 100 mdetik, bit timer dan nilai saat ini diperbaharuhi ketika instruksi dieksekusi, oleh karena itu untuk meyakinkan instruksi program untuk timer 100 mdetik hanya sekali tiap siklus scan agar supaya timer mempertahankan timing yang benar.

Tabel 2. 22 Resolusi dan Jumlah Timer

Jenis Timer	Resolusi	Nilai Maksimum	Jumlah Timer
TONR (Retentive)	1 mdetik	32.767 detik	T0 sampai T60
	10 mdetik	32.767 detik	T1 sampai T4, T65 sampai T68
	100 mdetik	32.767 detik	T5 sampai T31, T69 sampai 95
TON, TOF (non-retentive)	1 mdetik	32.767 detik	T32 sampai T96
	10 mdetik	32.767 detik	T33 sampai T36, T97 sampai T100
	100 mdetik	32.767 detik	T37 sampai T63, T101 sampai 225

(a)

(b)

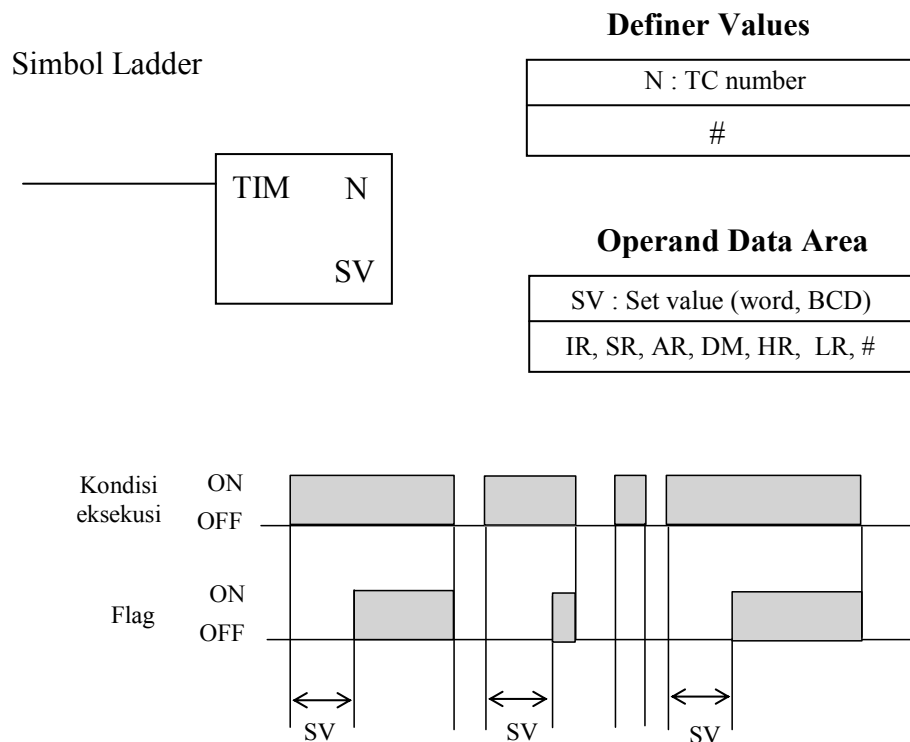
Gambar 2. 129 Timer Delay-ON

(a)

(b)

Gambar 2. 130 Timer Delay-OFF

Gambar 2. 131 Timer retentive delay-ON

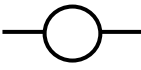
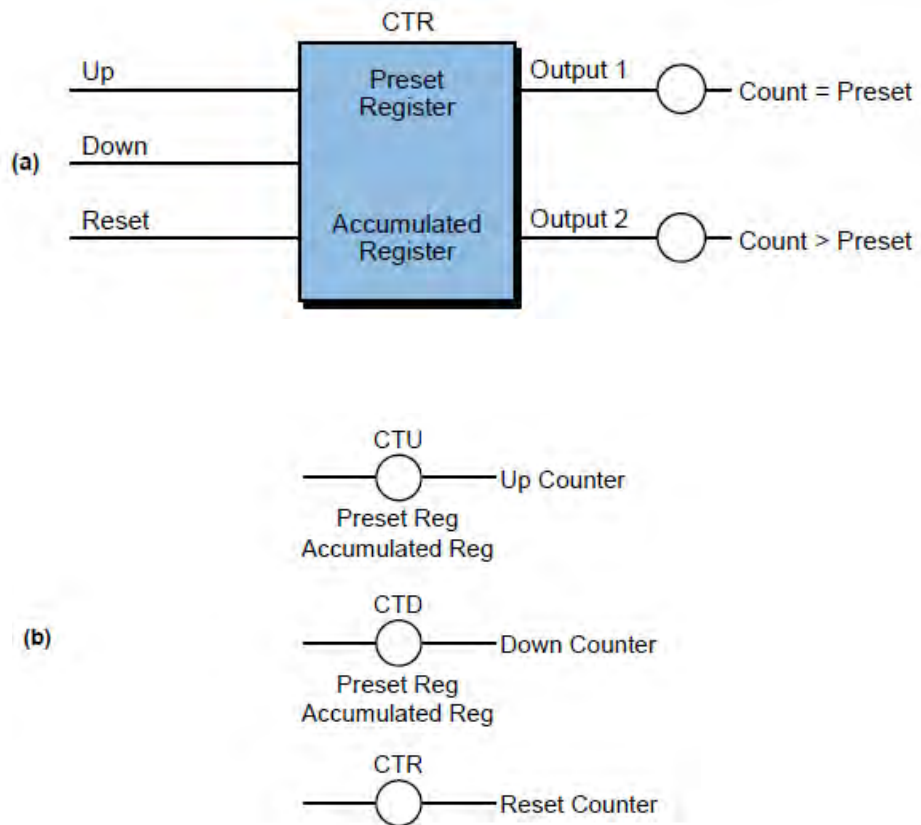
b. Instrusi Timer (OMRON CPM1)

Dalam timer parameter SV (Set Values) adalah antara 000.0 dan 999.9. Setiap nomor TC hanya dapat dipakai untuk satu instruksi TIMER atau COUNTER. Nomor yang dipakai untuk TC pada PLC jenis CPM1 adalah dari nomor 000 s.d. 127.

TC 000 sampai TC 003 dalam PLC jenis CPM1 tidak digunakan untuk TIM namun digunakan untuk TIMH(15)-HIGH SPEED TIMER.

TIMER akan aktif apabila kondisi eksekusi ON dan akan reset apabila kondisi eksekusi OFF. Sekali TIMER diaktifkan maka TIMER akan menghitung waktu dengan pengurangan nilai 0.1 mulai dari nilai SV-nya. Jika kondisi eksekusi tetap ON hingga nilai setnya mencapai nol Flag Timer nomor tersebut akan ON dan akan tetap On sampai timer di reset kembali.

Gambar 2. 132 Instruksi timer CPM1A

2. Instruksi Counter

Terdapat dua jenis counter, yaitu: count up (hitungan maju) dan count down (hitungan mundur). Tergantung pada PLC-nya, format dari counter ini mungkin bervariasi. Beberapa PLC menggunakan format ladder (kumparan output), sementara yang lain menggunakan blok fungsi. Gambar 2.133 menunjukkan kedua

buah format counter tersebut dan tabel 2.23 menunjukkan instruksi timer pada umumnya.

Gambar 2. 133 (a) Instruksi counter format blok dan (b) Instruksi counter format ladder

Tabel 2. 23 Instruksi Counter

Instruksi Timer		
Instruksi	Simbol	Fungsi
Up Counter	**CTU**	Nilai register yang terakumulasi bertambah setiap waktu terjadi

		kejadian
Down Counter	CTD	Nilai register yang terakumulasi berkurang setiap waktu terjadi kejadian
Counter Reset	CTR	Me-reset nilai yang terakumulasi dari sebuah up atau down counter

Up Counter

Sebuah instruksi output up counter (CTU) menambah hitungan (bertambah satu) setiap saat terjadi suatu kejadian (input menerima sinyal). Pada aplikasi kontrol, counter ini akan ON atau OFF setelah mencapai hitungan tertentu (nilai preset yang ada di register preset-nya).

Counter ini dapat menghitung obyek benda atau bagian benda (botol, bagian mesin, dsb) yang meleati titik tertentu. Sebuah up counter bertambah nilai akumulasinya setiap saat terjadi suatu kejadian dan membuat transisi dari OFF ke ON. Ketika nilai akumulasinya mencapai nilai presetnya, counter menghidupkan output, dan kemudian mengakhiri hitungannya dan menutup kontak yang terkait dengan output yang direferensikan. Setelah counter mencapai nilai preset-nya, maka akan me-reset register akumulasi ke nol atau melanjutkan hitungannya untuk setiap transisi ndari OFF ke ON tergantung pada PLC.

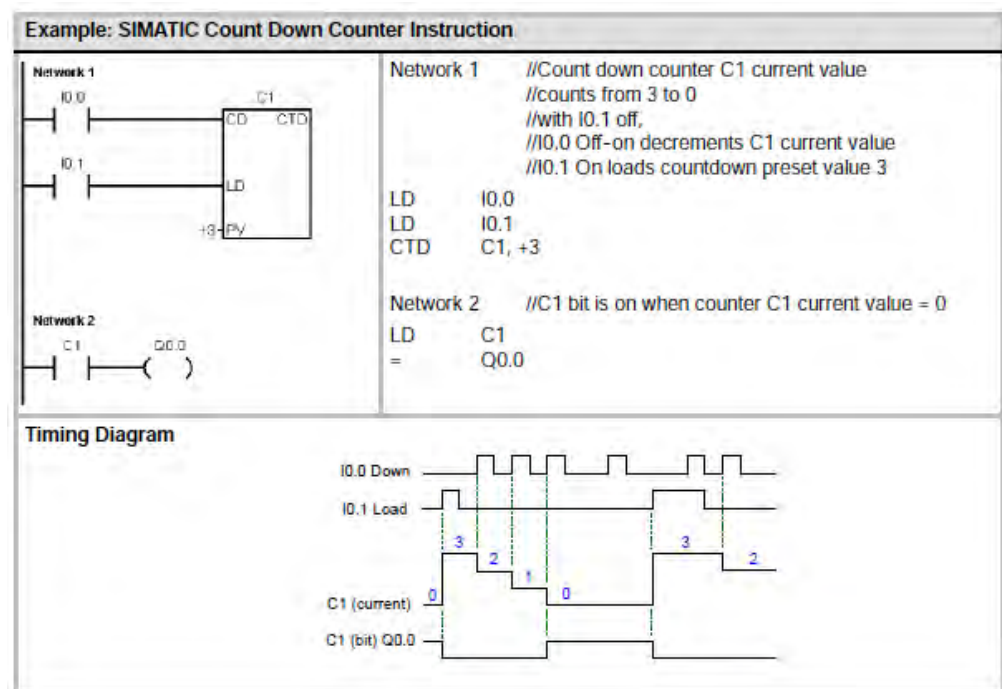
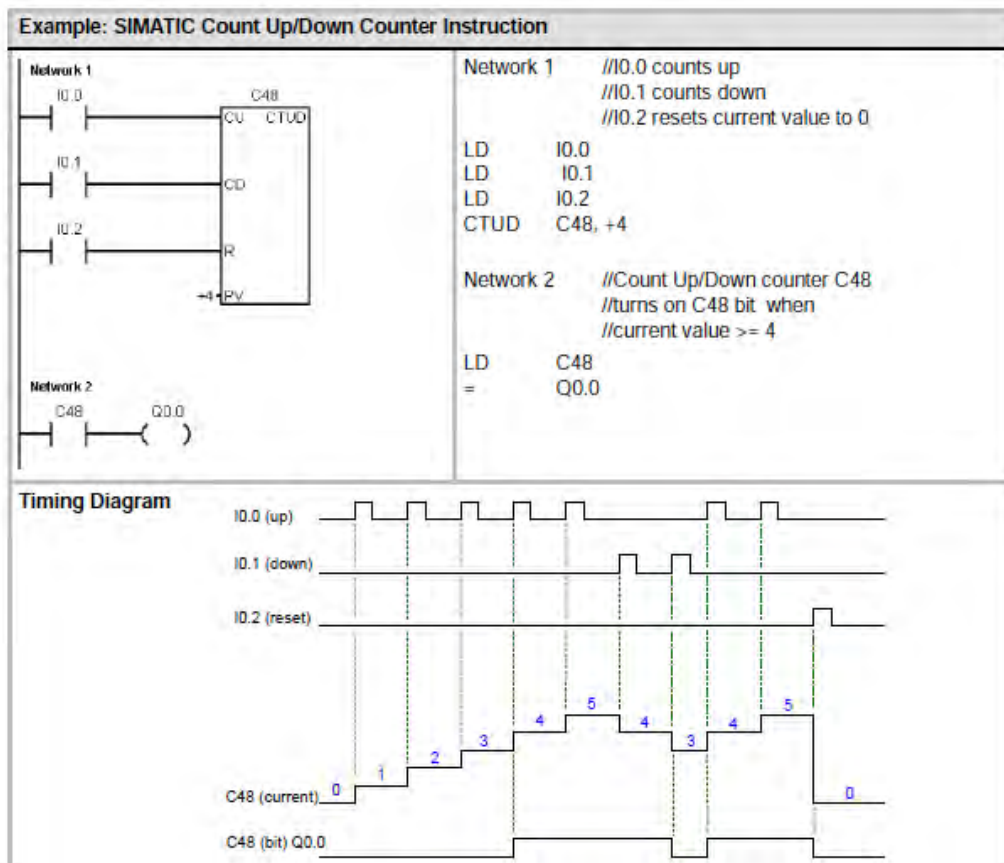
Down Counter

Instruksi output sebuah down counter mengurangi nilai hitungan dengan satu pada register akumulasinya setiap saat kejadian. Dalam praktek, sebuah don counter digunakan dalam hubungannya dengan up counter untuk membuat bentuk counter up/down, kedua counter tersebut mempunyai referensi register yang sama. Pada up/downcounter, down counter menyediakan cara untuk mengkoreksi data yang di-input oleh up counter. Sebagai contoh, sementara sedang melakukan hitungmaju

jumlah benda seperti botol yang sudah terisi misalnya yang melewati titik tertentu, down counter dengan referensi alamat yang sama dapat mengurangi satu dari nilai hitungan yang terakumulasi setiap saat jika mendeteksi botol yang kosong. Tergantung pada PLC, down counter akan memberhentikan hitungan mundur sampai nol atau sampai pada nilai maksimum negative tertentu. Dalam sebuah instruksi format blok, penghitungan mundur terjadi setiap input counter transisi dari OFF ke ON.

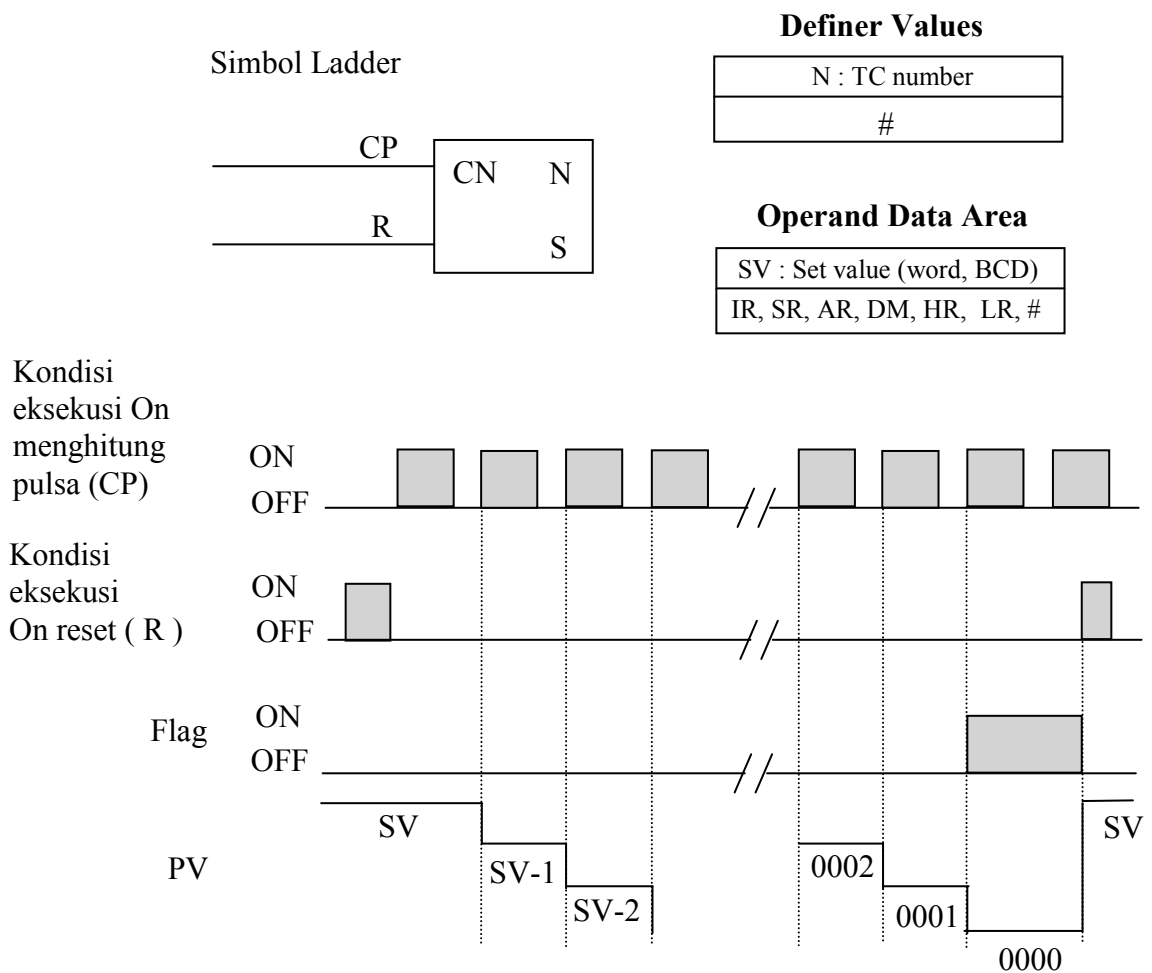
Berikut ini adalah instruksi counter yang mengacu pada dua buah merek PLC Siemens dan OMRON:

a. Instruksi Counter (Siemes S7-200)

Oleh karena terdapat satu nilai saat ini (current value), maka jangan memberi nomor alamat yang sama lebih dari satu counter (Up Counter, Up/Down Counter dan Down counter dengan alamat yang sama).

(a)

Gambar 2. 134 Instruksi down-counter di PLC S7-200

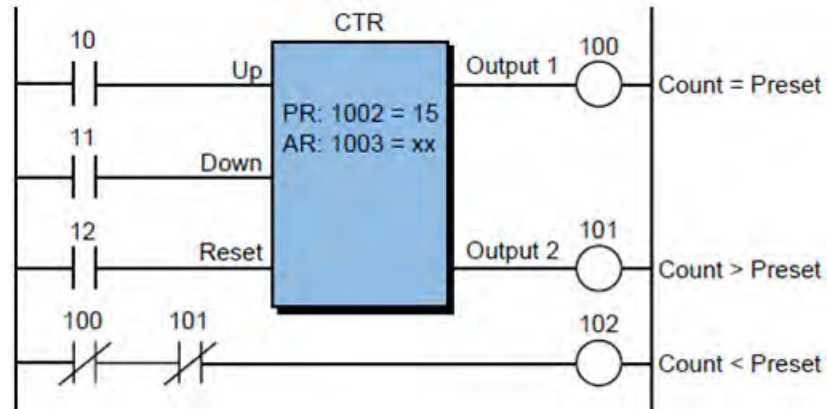
a. **Instrusi Counter (OMRON CPM2*)**

COUNTER atau biasa disingkat dengan CNT digunkan untuk menghitung mundur yang dimulai dari nilai SV-nya ketika kondisi eksekusinya beranjak dari OFF ke ON.

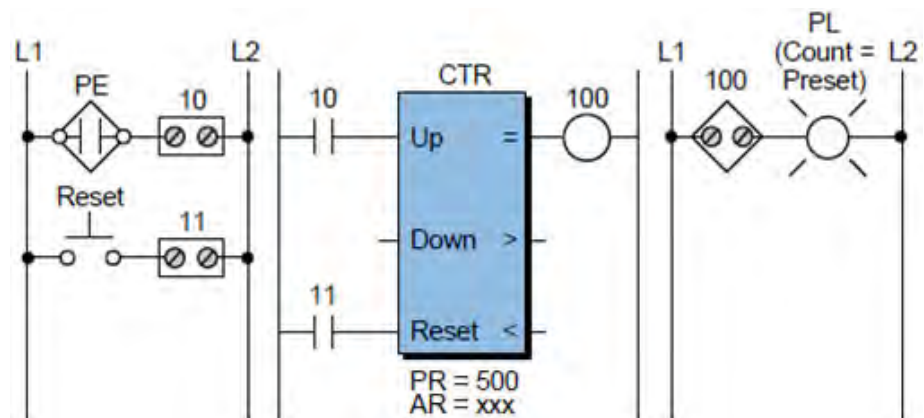
Present Values (PV) nilainnya akan berkurang satu apabila CNT dieksekusi dengan kondisi eksekusi ON pada CP (count pulse) . Jika kondisi eksekusi tidak berubah atau telah berubah dari ON ke OFF nilai PV-nya akan tidak berubah. FLAG dari counter akan ON apabila PV mencapai nilai nol dan akan tetap ON dan akan OFF apabila counter di-reset.

Gambar 2. 135 Instruksi counter di PLC OMRON CPM1A

Counter Reset

Instruksi output counter reset (CTR) me-reset nilai yang terakumulasi ke nol dari up counter dan down counter. Ketika deprogram sebuah kumparan counter reset mempunyai refernsi alamat yang sama yang terkait dengan kumparan up/down counter. Jika kondisi rung counter reset adalah „true", instruksi reset akan membersihkan referensi alamat tersebut. Garis reset pada format blok instruksi counter men-set hitungan yang terakumulasi ke nol (register akumulasi = 0). Gambar 2.136 mengilustrasikan rung blok format counter yang dilengkapi dengan instruksi up, down dan reset. Counter akan menghitung maju ketika kontak 10 menutup, menghitung mundur ketika kontak 11 mmenutup, dan me-reset register 1003 ke „0" ketika kontak 12 menutup. Jika hitungan sama

dengan 15 sebagai hasil dari hitungan maju atau hitungan mundur, output 100 akan ON. Jika isi dari register 1003 lebih besar dari 15, maka output 101 akan ON. Output 102 akan ON jika nilai hitungan yang terakumulasi kurang dari 15.

Gambar 2. 136 Blok fungsi instruksi dengan counter up, down, dan reset

Contoh 2-7:

Gambar 2.137 mengilustrasikan instruksi blok counter yang akan digunakan untuk menghitung benda yang dideteksi oleh input yang berasal dari sensor photoelectric. Nilai preset-nya adalah 500, modifikasi rangkaian ini agar menjadi reset secara otomatis setiap kali conter mencapai nilai preset-nya (500). Juga tambahkan instruksi untuk mengimplentasikan sebuah kumparan output yang mengindiasikan bahwa counter telah mencapai 500.

Gambar 2. 137 Instruksi counter blok fungsi

Solusi:

Gambar 2.138 mengilustrasikan sebuah ragkaian yang akan secara otomatis me-reset counter. Ketika preset dan nilai hitungan yang terakumulasi adalah sama, maka output counter 100 ON, dan mengunci output 101 untuk mengindikasikan bahwa hitungan sudah tercapai.

Gambar 2. 138 Me-reset counter secara otomatis

Contoh 2-8:

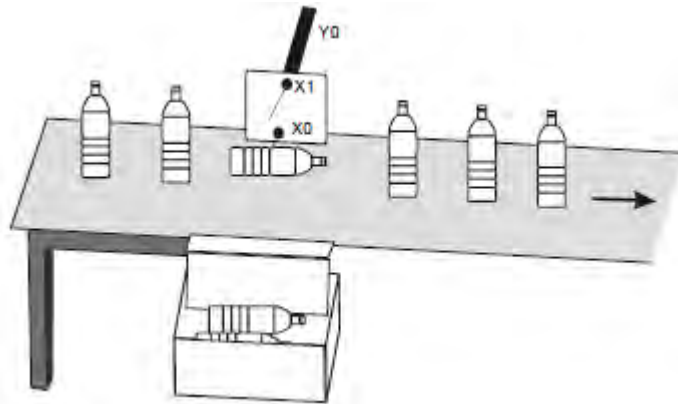
Dengan mengacu pada solusi contoh 2-7 (lihat gambar 2.138) implementasikan rangkaian deteksi dengan mengunakan instruksi kumparan output latch dan output unlatch.

Solusi:

Gambar 2.139 mengilustrasikan sebuah rangkaian interlocking yang mengunci output counter, megindikasikan bahwa nilai hitungan telah tercapai. Catatan, bahwa tombol tekan reset (input 11) diprogram sebagai NC dari peralatan input NO.

Gambar 2. 139 Solusi dari contoh 2-8

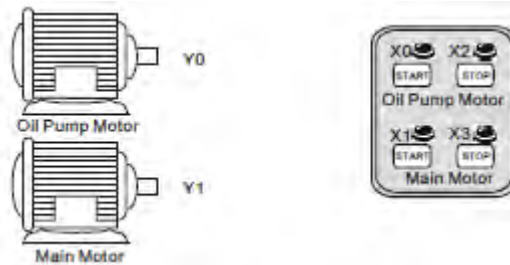
Tugas:

1. Buat program kontrol dengan menggunakan bahasa ladder, untuk kasus di bawah ini:

Sensor mendeteksi botol yang berdiri di conveyor dan menyingkirkan botol yang rebah dan menjatuhkannya ke tempat yang telah. disediakan

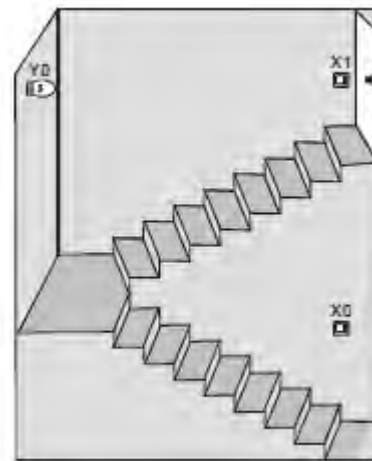
Peralatan	Fungsi
X0	X0 = ON, ketika mendeteksi sinyal input dari bagian bawah botol
X1	X1 = ON, ketika mendeteksi sinyal input dari bagian atas botol
Y0	Silinder pneumatik

Jika botol yang berada di conveyor berdiri, sinyal input dari photo-sensor yang ditempatkan untuk menyensor bagian bawah botol dan bagian atas botol akan memberikan sinyal ke PLC (X0 = ON dan X1 = ON).

Jika botol yang berada di conveyor rebah, maka hanya ada satu sensor yang akan memberi sinyal ke PLC (X0 = ON dan X1 = OFF)

2. Buat program kontrol dengan menggunakan bahasa ladder, untuk kasus di bawah ini:

Peralatan	Fungsi
X0	Tombol tekan START untuk motor pompa pelumas, X0 akan ON ketika tombol ditekan.
X1	Tombol tekan START untuk motor utama, X1 akan ON ketika tombol ditekan.
X2	Tombol tekan STOP untuk motor pompa pelumas, X2 akan ON ketika tombol ditekan.
X3	Tombol tekan STOP untuk motor utama, X3 akan ON ketika tombol ditekan.
Y0	Motor pompa pelumas.
Y1	Motor utama.

Aplikasi kontrol ini digunakan untuk mengontrol motor pompa oli yang akan memberikan pelumasan pada gear-box yang digerakan oleh pompa utama. Oleh karena itu kontrol harus didisain dengan syarat bahwa motor utama tidak akan bekerja sebelum motor pompa pelumas bekerja terlebih dahulu. Motor utama dapat dimatikan dengan menekan tombol stop (X3) dan motor pompa pelumas dimatikan dengan menekan tombol stop (X2). Motor utama akan ikut mati, jika tombol tekan stop (X2) ditekan, meskipun pada awalnya masih hidup (aktif).

3. Buat rangkaian sistem kontrol pencahayaan yang digunakan untuk mematikan dan menghidupkan lampu dengan menggunakan saklar yang ditempatkan dibagian atas dan bawah tangga.

Peralatan	Fungsi
X0	X0 akan ON, ketika saklar bawah tangga ditekan
X1	X1 akan ON, ketika saklar atas tangga ditekan
Y1	Lampu tangga

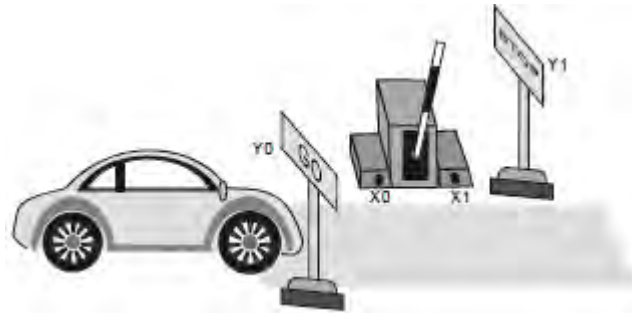
Lampu akan menyala, jika kedua saklar (atas dan bawah) keduanya dalam posisi ON semua, atau OFF semua. Lampu akan mati, jika satu ON dan yang lain OFF.

Jika lampu mati, kita dapat menyalakan dengan mengubah status saklar tersebut menjadi ON semua atau OFF semua dan ini dapat dilakukan pada tangga di bagian atas maupun dibaiag bawah.

4. Buat ragkaian konrol yang akan digunakan untuk mengontol kipas angin yang terpasang di plafon:
    - Untuk menghidupkan dan mematikan kipas angin dengan car menekan tombol tekan START dan STOP.
    - Untuk memeriksa bahwa kipas angin bekerja normal atau tidak dengan cara menekan tombol tekan TEST.

Peralatan	Fungsi
X0	Tombol START ditekan, X0 = ON.
X1	Tombol STOP ditekan, X1 = ON.
X2	Tombol TEST ditekan, X2 = ON.
X3	Sinyal error
Y1	Kipas angin plafon

Untuk mengoperasikan kipas angin plafon dengan jalan menekan tombol START dan STOP. Kipas angin ini dilengkapi dengan perangkat yang dapat memberikan sinyal ke rangkaian kontrol untuk menyatakan bahwa kipas angin dalam kondisi baik atau tidak. Oleh karena itu dalam kontrol ini dilengkapi juga dengan tombol TEST yang digunakan untuk menguji apakah kipas angin dalam keadaan baik atau tidak yang didasarkan pada sinyal yang diterima dari kipas angin.

5. Buatlah rangkaian kontrol interlock yang akan digunkan untuk mengontrol masuk/meninggalkan gerbang pintu parkir.

Kontrol ini dilakukan untuk meyakinkan bahwa bahwa hanya ada satu mobil yang dapat melewati gerbang dan menjamin mobil akan aman dari hantaman palang pintu. Gerbang parkir ini dilengkapi dengan dua buah sensor yasng digunakan untuk mendeteksi saat mobil masuk dan meninggalkan gerbang pada arah yang telah ditentukan.

Peralatan	Fungsi
X0	Sensor mobil masuk, ketika mobil melewati sensor, X0 = ON.
X1	Sensor mobil meninggalkan, ketika mobil melewati sensor, X1 = ON.
Y0	Indikator mobil masuk (ON berarti „GO", OFF berarti „STOP".
Y1	Indikator mobil meninggalkan (ON berarti „GO", OFF berarti „STOP".

- Pada pintu parkir terdapat dua buah indicator yang masing-masing member petunjuk pada mobil yang mau masuk dan mobil yang mau meninggalkan gerbang. Dengan menggunakan rangkaian kontrol interlock, hanya satu indicator „GO" yang akan menyala, sehingga kecelakaan mobil dapat dicegah.
- Ketika mobil yang masuk mendekati palang pintu penghalang, X0 akan ON demikian juga Y0 akanON. Lampu indicator masuk mobil „GO" akan menyala. Lampu indicator mobil keluar „STOP" akan menyala, dalam keadaan ini mobil diperbolehkan masuk tetapi tidak boleh meninggalkan pintu gerbang.
- Ketika mobil yang akan meninggalkan gerbang mendekati palang pintu gerbang, X1 akan ON demikian juga Y1 akan ON. Lampu indicator mobil meninggalkan

pintu gerbang „GO" akan menyala dan lampu indicator mobil masuk „STOP" juga menyala.

Kegiatan Belajar 6

PERANGKAT LUNAK PEMROGRAMAN PLC

Kompetensi Dasar

1. Mendeskripsikan bahasa pemrograman *PLC* berdasarkan programming manual
2. Menerapkan bahasa pemrograman *PLC*

Informasi

Pada unit ini anda akan mempelajari tentang bagaimana membuat program kontrol dan mengoperasikan PLC OMRON CPM2A dan CPM1A.

Pengetahuan ini akan sangat menunjang dalam memahami PLC sebagai alat kontrol. Disamping itu juga dapat memberikan pengetahuan awal tentang pembuatan program kontrol PLC yang merupakan dasar untuk dapat membuat program yang lebih komplek dalam aplikasi kontrol.

Tujuan

Setelah selesai mempelajari unit ini siswa diharapkan dapat

1. Menjelaskan konsep file yang dipakai untuk menyimpan program PLC.
2. Menjelaskan hubungan antara I/O eksternal dengan prosesor (CPU).
3. Membuat pengalamatan (addressing) I/O eksternal.
4. Menjelaskan pengertian tentang scan program.
5. Menjelaskan pengertian tentang diagram ladder.
6. Membuat diagram ladder.
7. Menjelaskan cara memasukkan program ke PLC.

8. Melakukan pengujian program.
9. Menggunakan software CX-Programmer untuk membuat program kontrol.
10. Membuat dan menguji program kontrol aplikasi sederhana menggunakan instruksi bit, timer dan counter.
11. Melakukan pengawatan (wiring) PLC

Materi Pembelajaran

Pada unit ini akan kita bahas tentang bagaimana melakukan pemrograman PLC. Setiap pabrikan tentu mempunyai standar sendiri-sendiri dalam hal pemrograman. Untuk itu disini akan kita ambil contoh bagaimana melakukan pemrograman pada PLC merk Omron tipe CPM1A dan CPM2A.

Persyaratan Lulus

Pada unit ini peserta diharuskan untuk menyelesaikan tugas-tugas yang diberikan yang tercantum dibagian akhir unit ini. Penilaian terhadap unit ini mencakup penilaian tetntang ketuntasan terhadap tugas-tugas yang diberikan oleh instruktor.

Untuk dapat lulus dari unit ini anda harus telah mengerjakan seluruh latihan dan tugas yang diberikan. Selanjutnya untuk mengetahui hasil belajar yang diperoleh, peserta harus menyerahkan hasil kerja dari tugas-tugas yang diberikan kepada pembimbing untuk diberikan penilaian.

Uraian Materi Pembelajaran 6

A. Pendahuluan

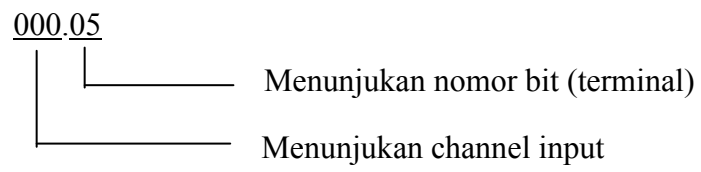
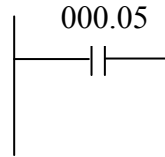
Persyaratan pokok dari setiap bahasa pemrograman PLC adalah bahwa bahasa pemrograman haruslah mudah dipahami dan digunakan dalam situasi kontrol. Dengan demikian maka diperlukan bahasa pemrograman level tinggi (High Level Language), untuk melengkapi beberapa perintah atau instruksi yang mendekati fungsi yang dikehendaki oleh seorang ahli teknik dan teknisi dalam bidang kontrol.

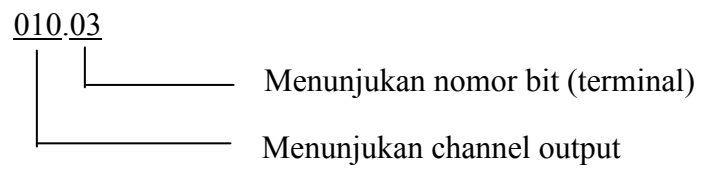
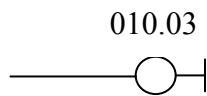
Diagram ladder merupakan metoda yang telah dipakai untuk menggambarkan rangkaian logika rele. Teknisi listrik di industri pada umumnya sudah familier dengan diagram ladder ini. Namun demikian beberapa PLC merek lain mengembangkan atau menggunakan bahasa pemrograman yang lain disamping juga menggunkan bahasa ladder, seperti contohnya yaitu menggunakan bahasa pemrograman STL (statement List), CSF (Control Sistem Flowchart), SFC, FBD, Grafcet, Grafik (Sequence Control) dan lain-lain.

B. Pengalamatan Dalam CX-Programmer

Pengalamatan ini adalah sangat penting untuk kita harus mengetahui format alamat dari merek dan jenis PLC yang digunakan, sebab jika kita salah menuliskan alamat akan mengakibatkan sistem tidak bekerja atau bekerja tida sesuai dengan yang kita inginkan.

Dalam pengalamatan menggunakan software CX-Programmer mempunyai dua komponen yaitu **channel** dan **nomor bit** antara keduanya harus dipisahkan dengan sebuah titik. Sebagai contoh untuk pengalamatan input dan output eksternal untuk tipe PLC tipe CPM1A-20 I/O, seperti ditunjukkan pada gambar. 2.140 berikut ini.

Alamat input eksternal

Alamat output eksternal

010.03

Gambar 2. 140 Pengalamatan dalam CX-Programmer

C. Perangkat Lunak Pemrograman CX-Programmer

CX-Programmer adalah sebuah perangkat lunak pemrograman PLC untuk membuat, menguji dan memelihara program yang terkait dengan PLC OMRON seri CS1, CV, dan C. Perangkat lunak pemrograman ini dilengkapi fasilitas untuk mendukung peralatan PLC dan informasi alamat dan komunikasi PLC OMRON.

CX-Programmer mempunyai fasilitas yang koperhensif yang dapat dimanfaatkan oleh programmer, mulai dari mengedit, network debugging, termasuk juga:
Pembuatan program baru
Pengeditan dan store program
Upload dan Down load program ke PLC
Status program selama program dieksekusi PLC
Pemberian keterangan pada Program
Pemeliharaan library files
Pencetakan program dan dokumentasi termasuk cross-refernces

CX-Programmer dapat dijalankan di Microsoft Windows 95, 98 atau versi di atasnya pada komputer standar IBM.

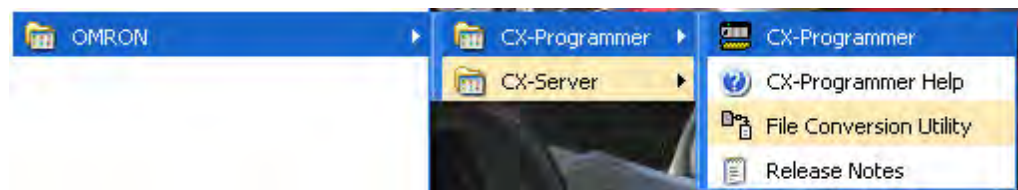
CX-Programmer mudah digunakan dan memungkinkan pemrogram dapat mengkonfigurasi dengan cepat sebuah proyek khusus, memasukkan network dan data program.

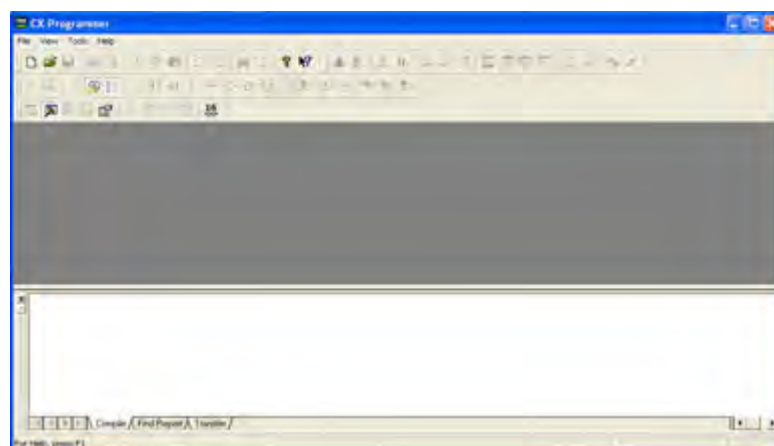
Program PLC dapat dibuat dalam bahasa Ladder atau Statement List. Editor statement list memmungkinkan program PLC dapat dilihat dan diperiksa dalam format mnemonic.

Software CX-Programmer berkomunikasi dengan SYSMAC C atau CV melalui antamuka (serial interface) RS-232C atau RS-422, atau SYSMAC LINK untuk layanan jaringan.

1. Pemrograman CPM1A dan CPM2A

a. Memulai Kerja Dengan CX-Programmer

Sekali perangkat lunak ini telah ter-instal secara lengkap pada komputer anda, ikon grup program akan muncul di Program Manajer. Untuk mengeksekusi CX-Programmer, ikuti langkah sebagai berikut:

Gambar 2. 141 Program manager

Layar CX-Programmer akan muncul, atur toolbar dengan cara klik dan geser pada posisi yang diinginkan.

Gambar 2. 142 Layar CX-Prorammer

Untuk memulai membuat sebuah program/proyek baru, ikuti langkah-langkah sebagai berikut:

Langkah 1:

Sebelum melakukan pemrograman, buat daftar sebagai berikut:

Parameter PLC yang digunakan untuk proyek.

Model PLC.

Jenis CPU.

Jenis interface komunikasi.

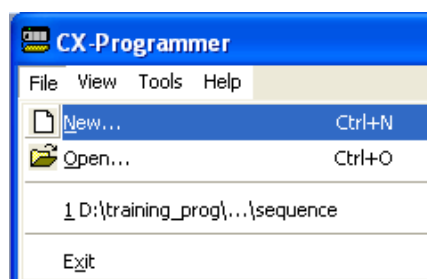
Buat tabel I/O.

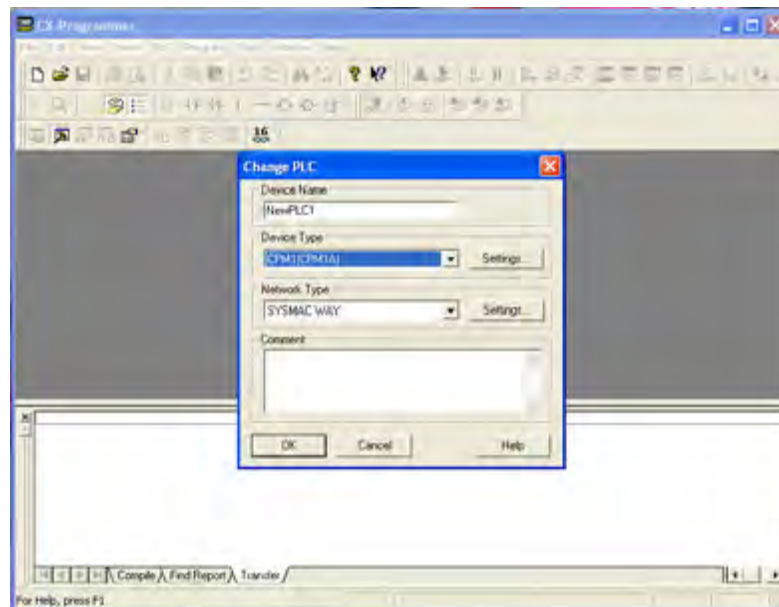
Buat simbol untuk variabel.

Langkah 2:

Kemudian membuat proyek baru

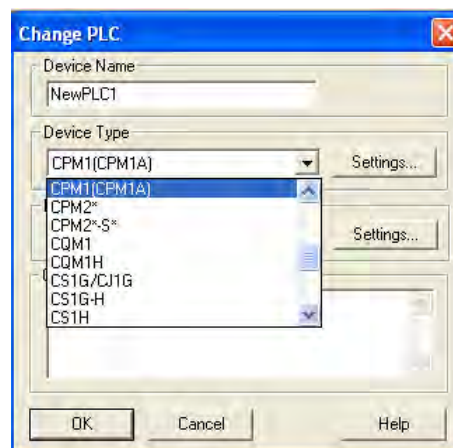
Pilih <File>--<New>

Atau klik pada ikon Proyek Baru.

Gambar 2. 143 Menu membuat proyek baru

Sebuah layar proyek akan muncul, dengan sebuah jendela <Change PLC>

Gambar 2. 144 Pemilihan jenis PLC

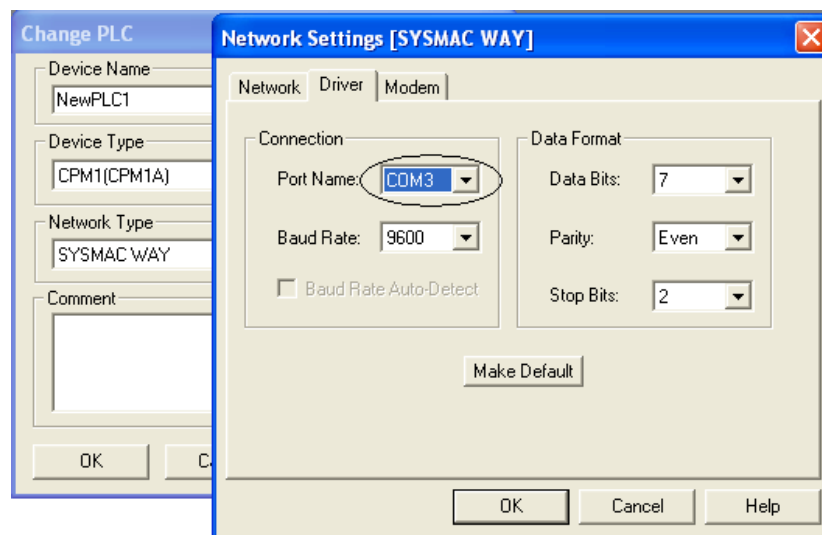
Langkah 3:

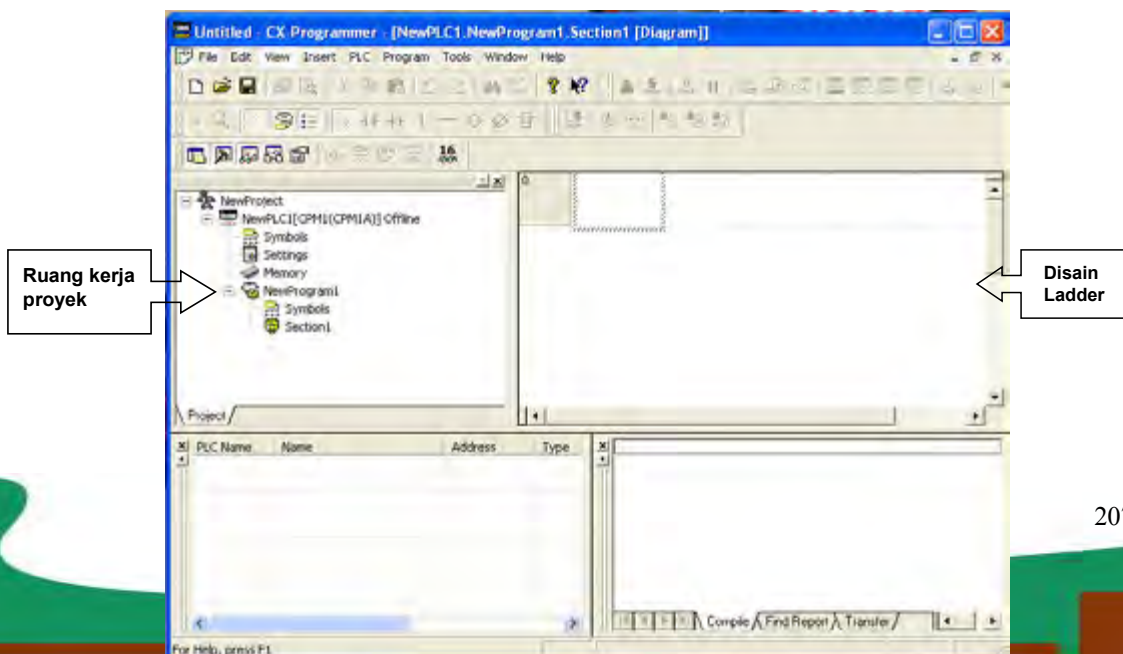
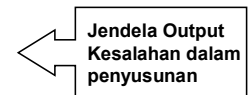
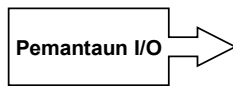
Beri nama untuk PLC pada Device Name (Default-NewPLC1)

Pilih model PLC yang sesuai dengan klik pada jenis peralatan ▾. Pada contoh ini, pilih CPM1A sebagai jenis peralatan.

Gambar 2. 145 Pemilihan jenis CPU

Langkah 4:

Pilih <Setting...>

Untuk setup jenis CPU untuk jenis peralatan, dan set komunikasi untuk jenis Network. Set driver pada port COM yang dihubungkan dari komputer ke PLC.

Gambar 2. 146 Pengaturan komunikasi

Setelah setup selesai dilakukan, layar berikut ini akan muncul:

Gambar 2. 147 Ruang kerja proyek

b. Penulisan Program Ladder

Sebuah program logika ladder terdiri dari sejumlah rung dan sejumlah instruksi yang ditempatkan pada rung tersebut. Setiap instruksi masing-masing mempunyai sebuah alamat data yang saling berhubungan. Dengan didasarkan pada status dari instruksi-instruksi tersebut suatu hasil dari proses kontrol dapat kita peroleh. Penulisan sebuah program ladder terdiri dari:

- Pembuatan simbol.
- Pembuatan program ladder.
- Pengolahan program.
- Transfer program dari dan ke PLC.
- Membandingkan program dengan PLC program.
- Pemantauan program selama eksekusi.
- Penyuntingan on-line.

c. Pembuatan Simbol

Sebuah langkah penting dalam pembuatan sebuah program ladder adalah definisi area data PLC yang akan direferensikan oleh program. Ini mungkin untuk melewati langkah ini, dan menggunakan alamat secara langsung dalam program.

Ini lebih baik, karena membuat nama simbol untuk alamat akan membuat program lebih mudah dibaca dan mudah dalam pemeliharaan.

Gunakan prosedur sebagai berikut dalam membuat simbol:

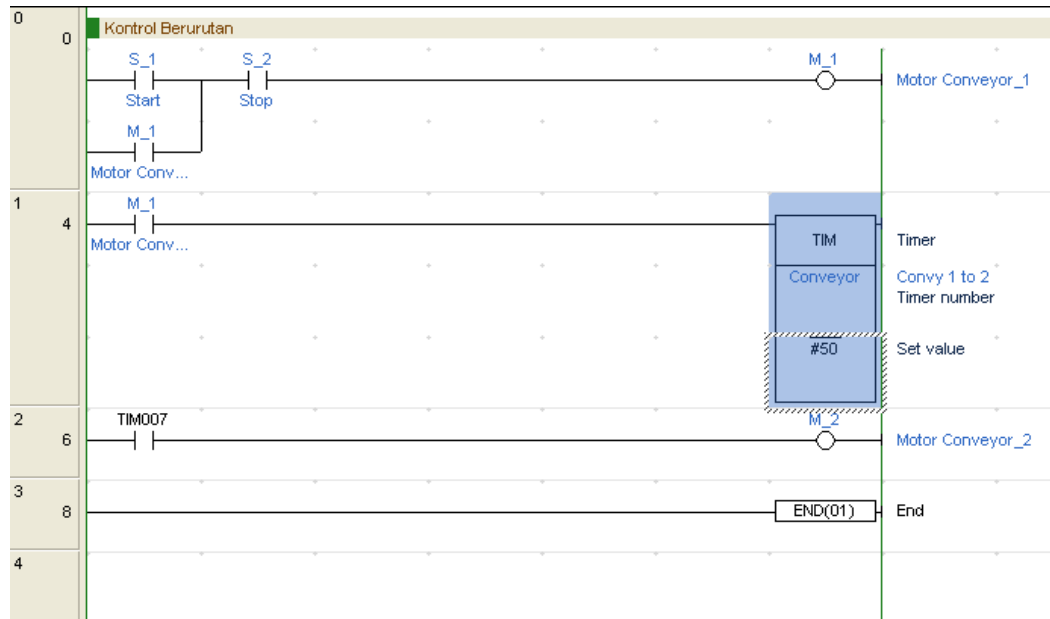
1. Klik pada jendela program dan pilih tombol **View Local Symbol** dari toolbar.
2. Pilih tombol **New Symbol** dari toolbar. Dialog Insert Symbol akan ditampilkan.
3. Masukan “Motor 1” sebagai nama.
4. Tetapkan alamat “10.00”.
5. Biarkan jenis data di-set “BOOL” untuk mengindikasikan sebuah nilai bit.
6. Pilih tombol OK untuk meneruskan.

d. Pembuatan Program Ladder

PLC dapat diprogram menggunakan salah satu bahasa pemograman Ladder atau Mnemonic. Program ladder dibuat pada Diagram View dari Diagram Window.

Gunakan prosedur berikut ini dalam membuat sebuah program ladder:

1. Yakinkan program ladder ditampilkan pada diagram Workspace.
2. Berikan komentar pada rung dengan menggunakan kotak **Properties** (gerakan kursor ke margin rung dan akses kotak **Properties** dari menu).
3. Tempatkan tombol **New Contact** dari toolbar dan klik pada bagian sel kiri atas, maka dialog New Closed Contact ditampilkan.
4. Pilih "S_1" dari daftar nama atau alamat.
5. Tempatkan tombol **New Contact** dari toolbar dan klik disamping kanan S_1, kemudian berikan nama S_2 yang diambil dari daftar nama.
6. Tempatkan **New Vertical** diantara kontak S_1 dan S_2 dan klik, kemudian tempatkan **New Contact** di bawah S_1 dan beri nama M_1 yang diambil dari daftar nama.
7. Tempatkan tombol **New Contact** dari toolbar dan klik disamping kanan kontak S_1, kemudian berikan nama S_2 yang diambil dari daftar nama.
8. Tempatkan tombol **New Coil** dari toolbar dan klik disamping kanan S_2, kemudian berikan nama M_1 yang diambil dari daftar nama.
9. Tempatkan tombol **New Contact** dari toolbar pada rung berikutnya (rung 1), kemudian beri nama M_1 yang diambil dari daftar nama.
10. Tempatkan sebuah instruksi dengan memilih tombol **New PLC Instruction** dari toolbar dan klik pada kontak berikutnya, maka dialog New Instruction akan muncul.
11. Masukan instruksi „TIM" dan operand "Conveyor" yang diambil dari daftar nama.
12. Selanjutnya berpindahlah pada rung berikutnya (rung 2), tempatkan tombol **New Contact** dari toolbar pada rung berikutnya , kemudian beri nama TIM007 yang diambil dari daftar nama.
13. Tempatkan tombol **New Coil** dari toolbar dan klik disamping kanan kontak TIM007, kemudian berikan nama M_2 yang diambil dari daftar nama.
14. Tempatkan sebuah instruksi „END" pada rung beriktnya (rung 3) melalui dialog **New Instruction**.

Program ladder harus tampak seperti diilustrasikan pada gambar berikut:

Gambar 2. 148 Program ladder

e. Penyusunan Program

Verifikasi Program dilakukan secara kontinyu selama pembuatan dan setiap urutan penyuntingan, ini diterapkan pada dua pemrograman secara on-line maupun offline. Kesalahan akan nampak warna merah pada diagram ladder. Jika terdapat sebuah kesalahan di rung, sebuah garis merah di sisi sebelah kiri bawah dari rung. Ini dapat terjadi, sebagai contoh ketika elemen telah ditempatkan pada diagram window tetapi belum diberi simbol atau alamat.

Gunakan prosedur berikut untuk menyusun program:

1. Untuk mendaftar setiap kesalahan dalam program, klik tombol mouse sebelah kanan dan pilih tombol **Compile Program** dari toolbar. Output ditampilkan dalam *Compile tab* dari Output Window.

2. Pengujian Program

Bekerja dengan CX-Programmer dalam keadaan komputer terhubung dengan PLC, berarti anda mengontrol semua aspek transfer program dan data antara komputer dan PLC. Anda dapat memonitor operasi dari program , termasuk area data memori yang sedang dimodifikasi , dan perubahan interaksi instruksi dan data pada saat progam jalan atau program tidak dijalankan.

Terdapat lima elemen pemrograman dalam keadaan komputer terhubung dengan PLC, yaitu:

- Setup hubungan, termasuk komunikasinya;
- Download program dan eksekusi;
- Memonitor program;
- Pengeditan program saat online;
- Pengeditan area memory PLC.

Sebelum menghubungkan komputer dengan PLC anda harus mengetahui dengan pasti tentang spesifikasi peralatan yang dipakai sehingga tidak mengalami kesalahan dalam melakukan set-up.

Berikut adalah checklist yang mungkin dapat membantu anda dalam memeriksa hubungan antara PLC dengan Komputer.

Tetapkan Parameter Esensial dari PLC

Periksa bahwa proyek yang dibuat sesuai dengan jenis PLC yang digunakan. Catat karakteristik yang penting dari PLC yang berkaitan dengan : memory, setup I/O, dsb.

Tetapkan Jenis Komunikasi Yang Digunakan

Yakinkan bahwa komputer telah dikonfigurasi dengan benar untuk berkomunikasi dengan PLC

Periksa Proyek Dalam Hal Ketelitian Dan Kelengkapanya

Gunakan CX-Programmer tools untuk memeriksa isi proyek dan network, dan bilamana perlu buat copynya.

Buat Catatan Yang Sesuai Mengenai Tugas/Fungsi Dari I/O

Buat daftar dari semua peralatan I/O dan beri keterangan tugas/fungsinya.

Buat Map Memory PLC Yang Digunakan

Buat catatan tentang variabel yang dipakai dalam program, yang mana ini dapat didapatkan dalam memory PLC untuk keperluan Monitoring.

a. Set Up Komunikasi PLC

Untuk menghubungkan PLC dengan Komputer, maka memerlukan set-up hardware dan software yang sesuai. Anda boleh menghidupkan PLC apabila telah betul-betul secara fisik antara komputer dengan PLC terhubung.

Untuk memeriksa hubungan anda dapat menghidupkan PLC, kemudian gunakan perintah Project/Comunications untuk set-up parameter software dan tes hubungan. Dalam dialog ini anda dapat menggunakan daftar dan memilih parameter yang akan digunakan, seperti :

Port

Pilih nama dari port yang akan digunakan untuk hubungan ke PLC

Unit

Masukan data tentang jumlah PLC yang akan dihubungkan dalam sistem.

Baud

Pilih kecepatan komunkasi yang diinginkan, dan ini harus cocok dengan set-up yang ada di PLC.

Protokol

Pilih jenis protokol komunikasi yang diinginkan, dan ini sekali lagi harus sesuai dengan set-up dalam PLC.

Tes Hubungan

Setelah set parameter selesai , klik pada tombol Work Online untuk melihat apakah ada hubungan atau tidak. Apabila ada hubungan, maka akan ditampakan dalam layar kata "Connected", dengan demikian kini anda siap untuk memulai melakukan operasi on-line yang lain.

b. Operasi Mode PLC

Sebelum melakukan download dan eksekusi, adalah penting untuk mengetahui pada mode mana PLC dapat di set ketika sedang on-line. Mode Operasi PLC dapat di set dengan menggunakan perintah Operating Mode.

Memilih mode baru akan mengubah kondisi PLC segera setelah anda menerima dialog sesuai keinginan.

Monitor

Pada moda monitor sementara program dalam keadaan jalan dan komputer terhubung dengan PLC program dapat diedit.

Run

Pada mode ini membuat PLC mengeksekusi program. Pada mode ini umumnya

digunakan untuk pengujian final setelah progam di-tes dan di-debug. CX-Programmer tidak dapat menulis ke PLC dalam kondisi PLC pada mode Run.

Program

Memilih mode Stop sama saja menghentikan PLC, dan pada mode ini digunakan untuk me-download program dan data ke PLC.

Debug

Moda operasi debug PLC adalah digunakan untuk memeriksa eksekusi program dan operasi I/O.

c. Download Program ke PLC

Proyek berisi detail tentang jenis dan model PLC untuk program yang akan di download ke PLC. Sebelum program dapat didownload, informasi ini harus dilihat lagi untuk meyakinkan bahwa program benar adanya dan sesuai dengan PLC yang digunakan. Jenis interface komunikasi yang sesuai harus juga dipilih untuk dihubungkan ke PLC. Parameter yabg lain, sebagai contoh setup PLC mungkin perlu ditetapkan sebelum menghubungkan ke PLC dan menjalankan program.

Gunakan prosedur berikut untuk metransfer program ke PLC

1. Simpan proyek dengan memilih tombol **Save Project** dari toolbar. Jika proyek belum disimpan sebelumnya, dialog file *Save CX-Programmer* ditampilkan. Masukan sebuah nama file pada *File name* dan pilih tombol **Save** untuk mengakhiri operasi penyimpanan file.

2. Hubungkan PLC dengan memilih tombol Work On-line dari toolbar. Sebuah dialog konfirmasi akan ditampilkan, pilih tombol **Yes** untuk menghubungkannya (komunikasi On-line).

3. Set moda operasi PLC ke **Program** , melalui tombol Program Mode dan pilih **Program**.
4. Pilih tombol **Download** dari toolbar. Dialog pilihan Download ditampilkan.

5. Set *Program* dengan cara klik pada box dan pilih tombol **OK**.

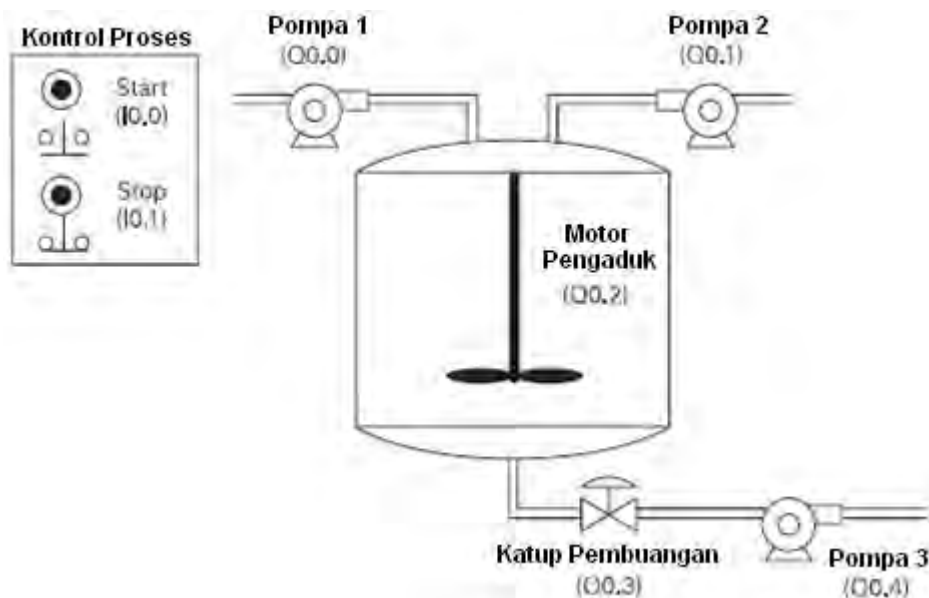
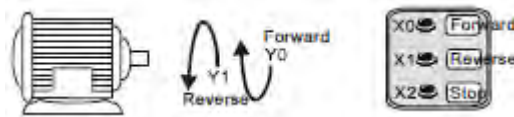
d. Pemantau Program Selama Eksekusi

Sekali program telah di download, program dapat dipantau pada Diagram Workspace selama eksekusi. Gunakan prosedur berikut untuk memonitor program PLC.

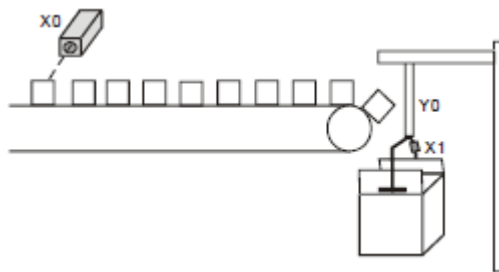
1. Pilih obyek *Project Workspace* PLC.

2. Pilih tombol **Toggle PLC Monitoring** dari toolbar.
3. Selama eksekusi program berlangsung, data dan aliran daya dapat diikuti di program ladder; sebagai contoh pada hubungan dan harga, jika ada perubahan akan terlacak.

Tugas:

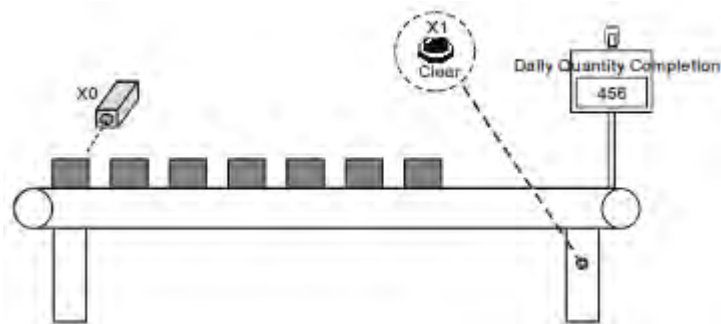
1. Tangki berikut adalah contoh tangki yang akan diisi dengan dua buah bahan kimia, dicampurkan dan kemudian dikosongkan. Ketika tombol ekan start ditekan pada input I0.0, program menjalankan pompa 1 yang dikontrol dari output Q0.0. pompa 1 bekerja selama 5 detik mengisi bahan kimia pertama kemudian mati kembali. Program kemudian menjalankan pompa 2 yang dikontrol melalui outpt Q0.1. Pompa 2 berjala selama selama 3 detik untuk mengisi tangki dengan bahan kimia yang kedua. Setelah 3 detik pompa 2 berhenti. Kemudianprogram mulai menjalankan motor pengaduk (mixer) yang dijalankan melalui output Q0.2 dan mengaduk dua bahan kimia tersebut selama 60 detik. Program kemudian membuka katup pembuangan yang dikontrol melalui output Q0.3 dan menghidupkan pompa 3 yang dikontrol melalui output 0.4. pompa 3 berhenti setelah 8 detik dan kemudian proses berhenti secra keseluruhan. Buat rangkaian kontrol dalam format ladder dengan menggunakan software pemrograman dan uji program tersebut pada PLC

2. Buat rangkaian kontrol dalam format ladder dengan menggunakan software pemrograman dan uji program tersebut pada PLC yang akan digunakan untuk mengontrol motor putaran maju dan mundur (forward dan reverse).

Peralatan	Fungsi
X0	Tombol tekan FORWARD motor, X0 akan ON ketika tombol ditekan.
X1	Tombol tekan REVERSE motor, X1 akan ON ketika tombol ditekan.
X2	Tombol tekan FORWARD motor, X0 akan ON ketika tombol ditekan.
X3	Tombol tekan STOP untuk motor, X2 akan ON ketika tombol ditekan.
T0	Timer 1 detik
T1	Timer 1 detik
Y0	Kontaktor forward.
Y1	Kontaktor reverse.

Jika tombol tekan Forward ditekan (X0 = ON), maka setelah tunda waktu 1 detik Y0 akan kerja (energize) dan motor akan bekerja dengan arah putaran maju. Sebaliknya jika tombol tekan Reverse ditekan (X1 = ON), maka setelah tunda waktu 1 detik Y1 akan kerja (energize) Dan motor akan berputar dengan arah putaran mundur. Dua buah timer dipakai pada program kontrol ini untuk mencegah hubung singkat antar fasa, ketika motor arah putarannya diubah dari putaran maju ke putaran mundur atau sebaliknya.

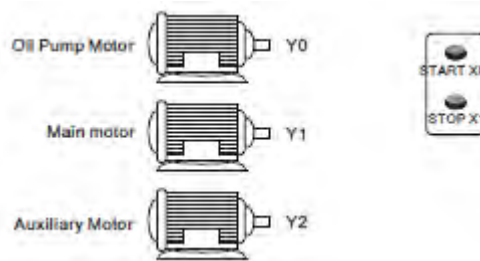
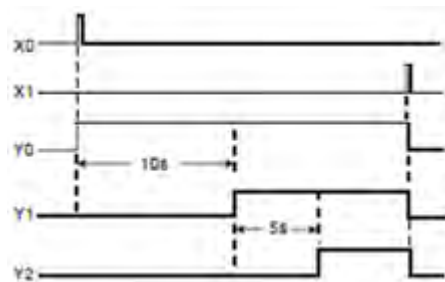
3. Buat rangkaian kontrol dalam format ladder dengan menggunakan software pemrograman dan uji program tersebut pada PLC yang akan digunakan untuk mengontrol sistem pengemasan produk.

Jika tombol tekan Forward ditekan (X0 = ON), maka setelah tunda waktu 1 detik Y0 akan kerja (energize) dan motor akan bekerja dengan arah putaran maju. Sebaliknya jika tombol tekan Reverse ditekan (X1 = ON), maka setelah tunda waktu 1 detik Y1 akan kerja (energize) dan motor akan berputar dengan arah putaran mundur. Dua buah timer dipakai pada program kontrol ini untuk mencegah hubung singkat antar fasa, ketika motor arah putarannya diubah dari putaran maju ke putaran mundur atau sebaliknya.

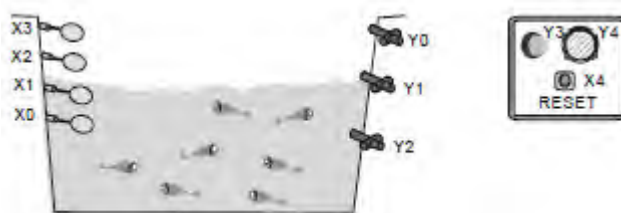
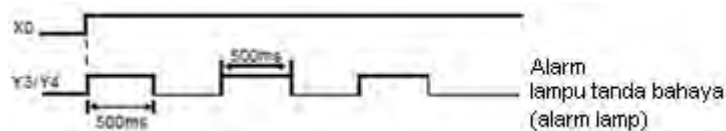
Peralatan	Fungsi
X0	Sensor photoelectric untuk menghitung produk, X0 = ON ketika produk terdeteksi.
X1	Sensor lengan robot, X1 = ON ketika pengkemasan telah selesai.
C0	Counter
Y0	Lengan robot

Ketika sensor photoelectric mendeteksi produk dengan jumlah 10, maka lengan robot akan mulai mengemas produk tersebut, jika proses pengemasan telah selesai lengan robot dan counter akan reset kembali.

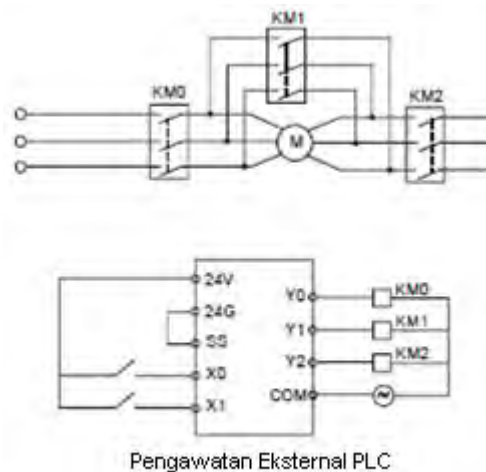
4. Buat rangkaian kontrol dalam format ladder dengan menggunakan software pemrograman dan uji program tersebut pada PLC yang akan digunakan untuk mengontrol sistem perekaman jumlah produk.

Lini produksi akan terhenti karena suplai daya listrik terhenti yang disebabkan oleh gangguan atau memang sengaja dimatikan, program kontrol dibuat untuk mengontrol counter tetap mempertahankan jumlah hitungan setelah daya listrik dihidupkan kembali. Ketika produksi mencapai 500, lampu indicator menyala untuk mengingatkan operator untuk melakukan perekaman hasil. Setelah hasil produksi direkam, operator dapat me-reset counter yang mencatat hasil produksi dengan menekan tombol reset, kemudian counter akan menghitung kembali dari nol ketika sistem diaktifkan kembali.

Peralatan	Fungsi
X0	Sensor photoelectric untuk menghitung produk, X0 = ON ketika produk terdeteksi.
X1	Tombol tekan clear (mereset counter)
C120	Counter
Y0	Indicator (target telah tercapai)

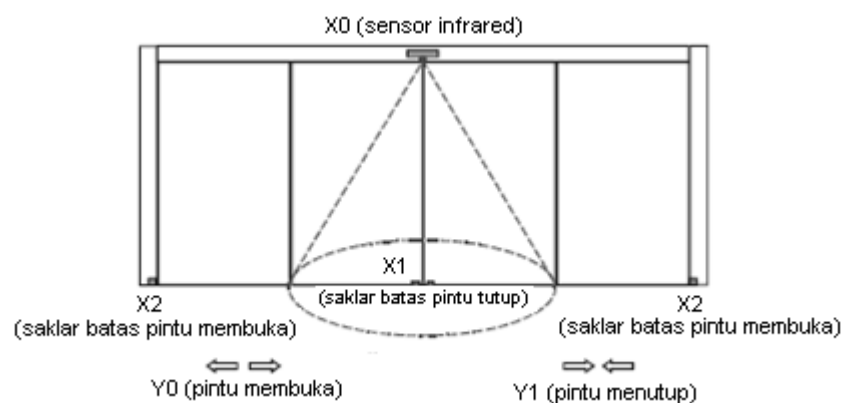
5. Buat rangkaian kontrol dalam format ladder dengan menggunakan software pemrograman dan uji program tersebut pada PLC yang akan digunakan untuk menjalankan 3 buah motor secara berurutan.

Ketika tombol start ditekan motor pompa pelumas akan langsung jalan, motor utama akan jalan setelah tunda waktu 10 detik dan motor auxiliary akan berjalan setelah tunda waktu 5 detik setelah motor utama.

Peralatan	Fungsi
X0	X0 = ON ketika tombol START ditekan.
X1	X1 = ON ketika tombol STOP ditekan.
T0	Timer 10 detik
T1	Timer 5 detik
Y0	Motor pompa pelumas
Y1	Motor utama
Y2	Motor auxilary

6. Buat rangkaian kontrol dalam format ladder dengan menggunakan software pemrograman dan uji program tersebut pada PLC yang akan digunakan untuk pemantauan level air kolam.

Pengisian dan pengosongan air dilakukan secara otomatis ketika level air tidak pada level yang diinginkan. System alarm akan aktif, ketika level air berada di atas atau di bawah level yang diinginkan. Alarm dapat dimatikan melalui tombol reset.

Peralatan	Fungsi
X0	X0 = ON ketika level air di ataslevel terendah dari level air alarm.
X1	X1 = ON ketika level air di atas level terendah dari level air normal.
X2	X2 = ON ketika level air di atas level tertinggi dari level air normal.
X3	X3 = ON ketika level air di atas level tertinggi dari level air normal
X4	X4 = ON ketika tombol RESET ditekan.
T1	Timer 500 detik.
T2	Timer 500 detik.
Y0	Pompa pembuangan 1
Y1	Pompa pengisian
Y2	Pompa pembuangan 2
Y3	Lampu alarm
Y4	Alarm

6. Buat rangkaian kontrol dalam format ladder dengan menggunakan software pemrograman dan uji program tersebut pada PLC yang akan digunakan untuk mengontrol Starting Bintang Segitiga.

Pengawatan Eksternal PLC

Umumnya arus starting motor asinkron tiga fasa 5 sampai 7 kali arus nominalnya. Untuk mengurangi pengaruh arus start ini, maka dipakailah starter bintang-segitiga. Proses dari starting bintang segitiga adalah sebagai berikut: ketika tombol tekan start ditekan dua buah kontaktor, yaitu: kontaktor utama dan kontaktor bintang bekerja secara bersamaan. Setelah tunda waktu dua detik kontaktor bintang akan mati. Dan akhirnya kontaktor segitiga akan hidup setelah tunda waktu 1 detik setelah kontaktor bintangnya mati dan motor sekarang beroperasi normal dalam sambungan segitiga.

Peralatan	Fungsi
X0	X0 = ON ketika tombol tekan START ditekan.
X1	X1 = ON ketika tombol tekan STOP ditekan.
T1	Timer 10 detik.
T2	Timer 1 detik.
Y0	Kontaktor utama
Y1	Kontaktor bintang
Y2	Kontaktor segitiga

7. Buat rangkaian kontrol dalam format ladder dengan menggunakan software pemrograman dan uji program tersebut pada PLC yang akan digunakan untuk mengontrol Pintu Otomatis.

Ketika seseorang mau memasuki ruangan, maka akan dideteksi oleh medan sensor infrared, kemudian motor pembuka pintu akan bekerja untuk membuka pintu secara otomatis sampai daun pintu menyentuh saklar batas. Jika daun pintu telah menyentuh saklar batas pintu buka dan selama 7 detik tidak ada lagi orang yang lewat lagi, maka motor penutup pintu akan bekerja dan menutup pintu secara otomatis sampai daun pintu menyentuh saklar batas pintu tutup. Jika selama proses penutupan pintu sementara berlangsung, kemudian ada orang yang akan masuk dan terdeteksi oleh medan sensor infrared, maka proses punutupan pintu harus terhenti dan kemudian dilanjutkan proses pembukaan pintu kembali.

Peralatan	Fungsi
X0	X0 = ON ketika seseorang memasuki medan sensor.
X1	Saklar batas pintu menutup, X1 = ON ketika 2 saklar tersentuh bersamaan.
X2	Saklar batas pintu membuka, X2 = ON ketika 2 saklar tersentuh bersamaan.
T0	Timer 7 detik.

Y0	Motor pembuka pintu
Y1	Motor penutup pintu

BAB III
EVALUASI

A. Evaluasi Program

Evaluasi program dilakukan pada sesi akhir diklat. Evaluasi ini dimaksudkan untuk menjaring aspek kepuasan peserta diklat. Adapun aspek kepuasan peserta diklat yang dijaring mencakup fasilitas asrama, pemeliharaan kebersihan lingkungan, layanan konsumsi, layanan panitia, program diklat, penyediaan fasilitas belajar, layanan pengajar, kualitas modul, layanan keuangan dan layanan umum.

B. Uji Kompetensi

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan peserta dalam mengikuti modul ini, setiap peserta dievaluasi baik terhadap aspek pengetahuan maupun keterampilan. Aspek pengetahuan dilakukan melalui latihan-latihan dan tertulis, sedang aspek keterampilan dilakukan melalui tugas praktek.

Pada akhir diklat, peserta harus mengikuti test sumatif yang diberikan oleh widyaiswara pengampu mata diklat. Skore test tertulis minimal yang harus dicapai oleh peserta adalah 80% dari skore maksimum. Peserta diklat yang memperoleh nilai komulaitif di atas 80, dinyatakan lulus dan berhak memperoleh sertifikat diklat yang dikeluarkan PPPPTK BMTI Bandung. Disamping itu peserta diklat diharapkan dapat mengikuti Uji Kompetensi yang diselenggarakan oleh pihak ketiga. Peserta yang dinyatakan lulus, mendapat sertifikat kompetensi dari pihak ketiga.

BAB IV
PENUTUP

Modul ini menggunakan sistem pelatihan berdasarkan pendekatan kompetensi, yakni salah satu cara untuk menyampaikan atau mengajarkan pengetahuan keterampilan dan sikap kerja yang dibutuhkan dalam suatu pekerjaan. Penekan utamanya adalah tentang apa yang dapat dilakukan seseorang setelah mengikuti pelatihan.

Salah satu karakteristik yang paling penting dari pelatihan berdasarkan kompetensi adalah penguasaan individu secara aktual di tempat kerja.

Dalam Sistem Pelatihan Berbasis Kompetensi, fokusnya tertuju kepada pencapaian kompetensi dan bukan pada pencapaian atau pemenuhan waktu tertentu. Dengan demikian maka dimungkinkan setiap peserta pelatihan memerlukan atau menghabiskan waktu yang berbeda-beda dalam mencapai suatu kompetensi tertentu.

Jika peserta belum mencapai kompetensi pada usaha atau kesempatan pertama, maka pelatih atau pembimbing akan mengatur rencana pelatihan dengan peserta. Rencana ini memberikan kesempatan kembali kepada peserta untuk meningkatkan level kompetensinya sesuai dengan level yang diperlukan. Jumlah usaha atau kesempatan yang disarankan adalah tiga kali.

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan peserta dalam mengikuti modul ini, setiap peserta dievaluasi baik terhadap aspek pengetahuan maupun keterampilan. Aspek pengetahuan dilakukan melalui latihan-latihan dan tes tertulis, sedang aspek keterampilan dilakukan melalui tugas praktek.

Setelah anda dinyatakan lulus dalam modul ini maka anda diperkenankan untuk melanjutkan ke modul beriktnya di semester 5.

DAFTAR PUSTAKA

Donal P Leach, Albert Paul Malvino, Digital Principles and Applications, Singapore, McGraw-Hill Book Company, 1986.

Filer & Leinonen, Programmable Controllers and Designing Sequential Logic, Philadelphia, U.S, Saunder College Publishing, 1992.

Timothy J Maloney, Industrial Solid State Electronics Devices and System, Engleword, Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, Inc, 1979.

Ian G.Warnock, Programmable Controllers Operation and Applications, Cambridge, Great Britain, Prentice-Hall International, 1998.

E.A. Parr, BSc, Programmable Controllers An Engineers Guide, Manchester, Newnes, 1993.

Martin Dirnfeldner, Automation with Programmable Controllers, Bon, Klocner Moeller, 1990.

John D. Kershaw, Digital Electronics Logic and System, Boston, Massachusetts, PWS-Kent Publishing Company, 1998.

William Bolton, Programmable Logic Controller. Jakarta:Erlangga, 2003.

Iwan Setiawan, Programmable Logic Controller (PLC) & Teknik Perancangan Sistem Kontrol. Yogyakarta: Andi, 2006.